



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11317030 A**(43) Date of publication of application: **16.11.99**

(51) Int. Cl. **G11B 20/18**
G11B 20/18
G11B 20/18
G11B 20/18
G11B 20/12
H03M 13/12

(21) Application number: **10125642**(22) Date of filing: **08.05.98**(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **SAWAGUCHI HIDEKI**
MITA SEIICHI
KONDO MASAHARU

(54) **INFORMATION RECORDING AND
 REPRODUCING METHOD, INFORMATION
 RECORDING AND REPRODUCING CIRCUIT AND
 INFORMATION RECORDING AND
 REPRODUCING DEVICE USING THE CIRCUIT**

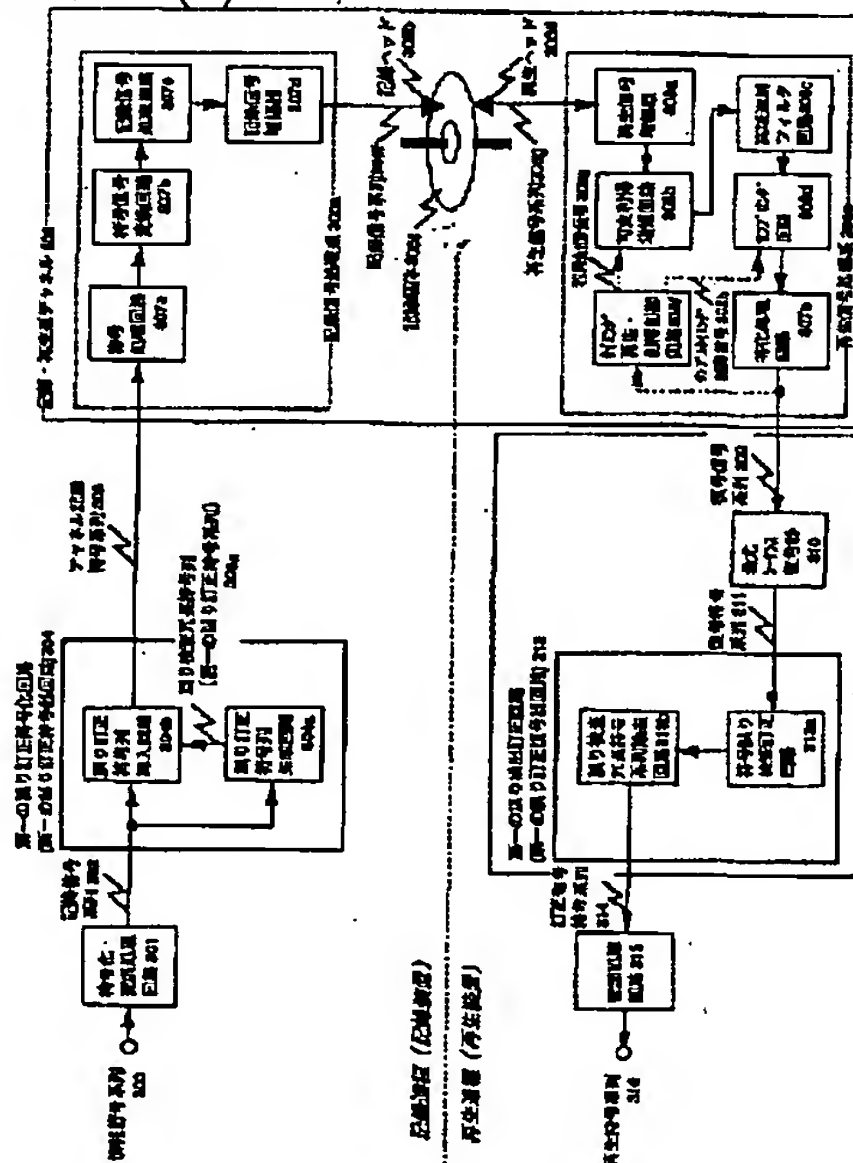
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the reliability of data decoding in a decoding processing in a maximum likelihood sequence detection by applying a processing to be able to detect and correct that specific coding erroneous phenomena having preliminarily set prescribed coding erroneous patterns are generated till prescribed numbers and recording an error correcting code dividedly or en bloc at a prescribed recording position corresponding to a recording code series block.

SOLUTION: Decoded code series 311 decoded in a maximum likelihood sequence decoder 310 are inputted or directly inputted to a first error correcting and coding circuit 304 without logically changing code orders. This processing only continuously applies a fixed processing to respective codes without replacing or exchanging the code orders of the decoded code series 311. Consequently, since the processing is possible to correspond to a code erroneous syndrome one to one, the erroneous syndrome is never dispersed on the code series before and after the processing. This

processing can be executed by adopting a constitution in which the first error correcting and coding circuit 304 is connected to the maximum likelihood sequence decoder 310 being a composite means.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-317030

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 1 1 B 20/18	5 3 4	G 1 1 B 20/18	5 3 4 A
	5 1 2		5 1 2 E
	5 4 0		5 4 0 A
	5 7 0		5 7 0 G
20/12	1 0 2	20/12	1 0 2
審査請求 未請求 請求項の数81 O L (全 57 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-125642

(22) 出願日 平成10年(1998) 5 月 8 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 澤口 秀樹

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 三田 誠一

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 近藤 昌晴

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

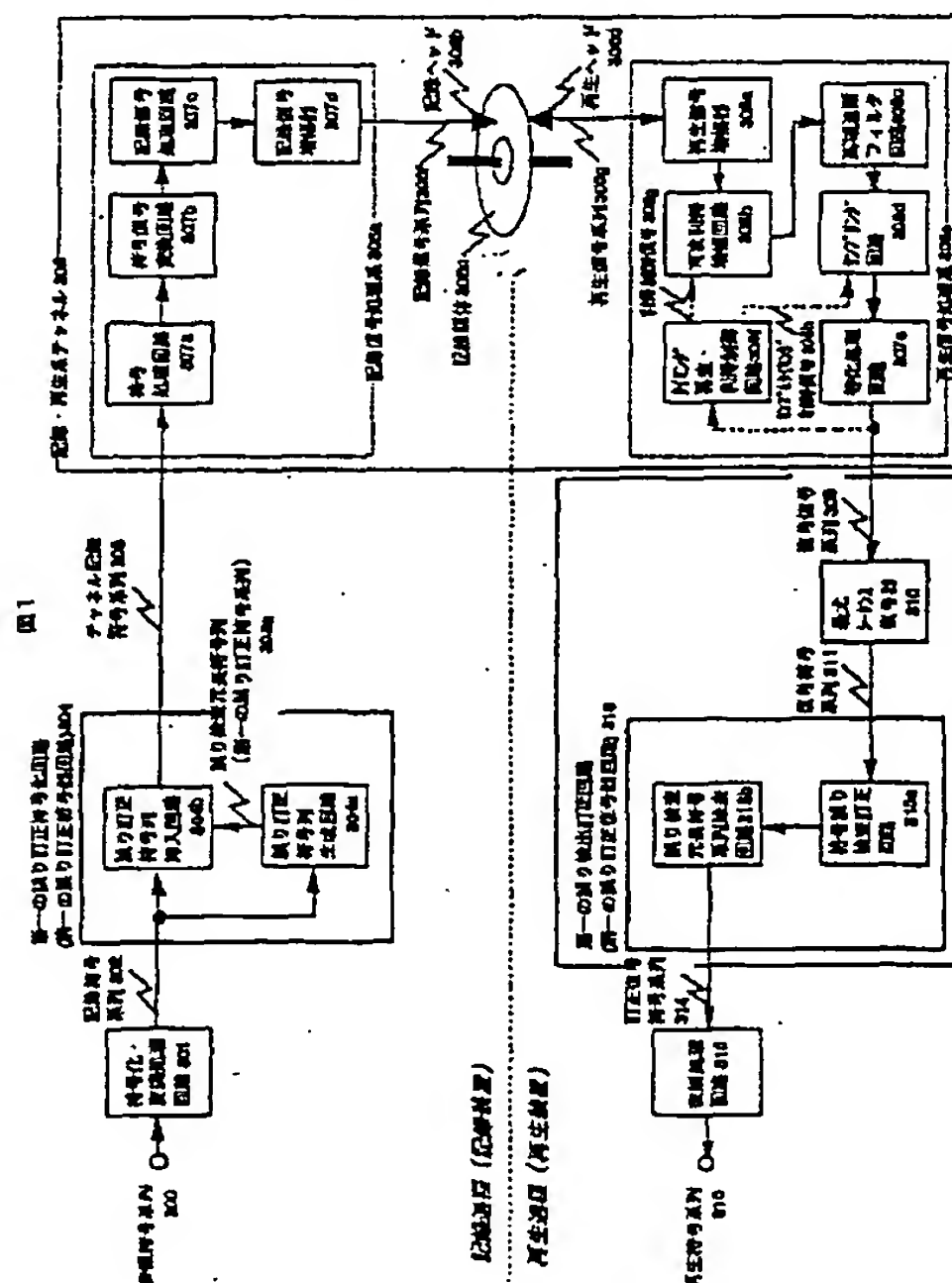
(54) 【発明の名称】 情報記録再生方法、情報記録再生回路及びこれを用いた情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 最尤シーケンス検出を用いた情報記録再生におけるデータ復調信頼度の改善を図る。

【解決手段】 最尤シーケンス検出復号器に接続する誤り訂正符号化および誤り訂正復号手段を設け、最尤シーケンス検出復号における復号誤り特性の情報を有効に活用した誤り訂正符号化を行う。シーケンス復号誤りパターンの確率的頻度の偏りに着目し、発生頻度の高い特定の符号誤りシンδροームを有する誤り事象に対して、内符号として、符号ブロック単位でランダム誤り事象を訂正する誤り復号・訂正手段を設けることで、最尤復号誤り率を効率よく改善する情報記録再生方法、回路及びこれを用いた情報記録再生装置とした。

【効果】 上記手段により、簡便な回路資源と低い冗長度の誤り訂正符号を用いて、最尤シーケンス検出による復号処理の復号信頼度を改善することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報符号系列を記録媒体上に記録し、該記録媒体からの再生信号系列を最尤系列推定方法（最尤シーケンス復号・検出方法、最尤復号方法、ビタビ復号方法）を用いて、該情報符号系列に復号再生する情報記録再生方法の、（1）記録される該情報符号系列には、該最尤系列推定方法により連続して復号処理される所定符号長の該情報符号系列（記録符号系列ブロック）を単位として、第一の誤り訂正符号化が施され、あるいは、各々の該記録符号系列ブロックに対応した第一の誤り訂正符号系列が構成される、かつ、第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系列推定方法により復号された当該の記録符号系列ブロックおよび当該の誤り訂正符号系列内において、予め設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンドローム）を有する特定の符号誤り事象を、所定の個数まで発生することを検出訂正（第一の符号誤り検出訂正処理）できるよう施されるものであり、（2）第一の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上あるいは該記録媒体と異なる記録媒体上の、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の記録位置に分割または一括して記録され、該情報符号系列とともに復号・再生されるものであり、あるいは、第一の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加し記録され、該情報符号系列とともに復号・再生され、（3）該記録媒体から、該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列には、該記録符号系列ブロックを処理単位として、第一の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該第一の誤り訂正符号系列を用いた第一の符号誤り検出訂正処理が施される、ことを特徴とする情報記録再生方法。

【請求項 2】 上記符号誤りパターン（符号誤りシンドローム）が指示する各々の誤り符号の符号位置では、該誤り符号に対する正規情報符号、または、該誤り符号の差異が互いに区別できるものであることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録再生方法。

【請求項 3】 上記最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列には、該情報符号系列上の符号順序の論理的変更を加えず、第一の符号誤り検出訂正処理が施されることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録再生方法。

【請求項 4】 記録される該情報符号系列には、上記

（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理が施され、かつ、該記録媒体から該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列には、上記（3）における第一の誤り符号検出訂正処理が施された後に、該記録符号変調処理に対応する所定の記録符号復調処理による第二の符号系列変換処理が施されることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録再生方

法。

【請求項 5】 （4）記録される該情報符号系列には、上記（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報記録再生方法の記録・再生処理における該情報符号系列の連続処理単位（記録フレーム）、あるいは、複数の該記録符号系列ブロックに相当する符号系列単位を第二の符号誤り検出訂正処理の単位（情報符号フレーム）として、第二の誤り訂正符号化が施され、あるいは、各々の該情報符号フレームに対応した第二の誤り訂正符号系列が構成され、（5）第二の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上あるいは該記録媒体と異なる記録媒体上の、当該の情報符号フレームに対応する所定の記録位置に、分割または一括して記録され、該情報符号系列とともに記録・再生されるものであり、あるいは、第二の誤り訂正符号系列は、上記

（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報符号系列上、当該情報符号フレームの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加し記録され、該情報符号系列とともに復号・再生されるものであり、（6）該記録媒体から、該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列には、上記（3）における第一の符号誤り検出訂正処理が施された後、該情報符号フレームを処理単位として、第二の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第二の誤り訂正符号系列を用いた第二の符号誤り検出訂正処理が施される、ことを特徴とする請求項 1 記載の情報記録再生方法。

【請求項 6】 記録される該情報符号系列には、上記

（4）における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成後、または、上記（5）における第二の誤り訂正符号系列の挿入・付加後に、第一の符号系列変換処理が施され、かつ、該記録媒体から該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列には、上記

（6）における第二の誤り符号検出訂正処理が施される前に、第二の符号系列変換処理が施されることを特徴とする請求項 5 記載の情報記録再生方法。

【請求項 7】 上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録されることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録再生方法。

【請求項 8】 請求項 5 乃至 6 の情報記録再生方法において、

上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録符号系列ブ

ロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録され、かつ、第二の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録フレームに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録フレームの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録されることを特徴とする請求項5記載の情報記録再生方法。

【請求項9】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列（情報シンボル）を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記（6）における第二の誤り訂正符号化、および、第二の誤り訂正符号系列の構成は、該情報シンボルを分割処理単位とするインターリーブ処理により、該情報符号フレームを分割して得られるn本の独立情報シンボル系列（nは自然数）に対して、独立に、施されるものであり、かつ、上記（4）における第二の符号誤り検出訂正処理は、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とするものであって、n本の該独立情報シンボル系列に対して、独立に、施されるものであることを特徴とする請求項5記載の情報記録再生方法。

【請求項10】上記記録符号系列ブロックは、該記録媒体上、物理的に連続記録される自然数個の該情報シンボルから構成されることを特徴とする請求項9記載の情報記録再生方法。

【請求項11】上記記録符号系列ブロックは、第一の符号系列変換処理または第一の符号系列変換処理における最小処理単位となる符号系列の自然数個から構成されることを特徴とする請求項4または5記載の情報記録再生方法において、情報記録再生方法。

【請求項12】請求項5乃至10の情報記録再生方法において、

上記（3）の第一の符号誤り検出訂正処理の、符号誤りが検出され、符号誤り訂正が不能と判定された記録符号系列ブロックに属する符号または情報シンボルに対して、上記（6）における第二の符号誤り検出訂正処理により、消失符号誤り訂正処理が施されることを特徴とする請求項5記載の情報記録再生方法。

【請求項13】請求項1乃至12の情報記録再生方法において、

上記（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の情報符号を参照し、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンと一致する符号位置の、当該の記録符号系列ブロック内、情報符号のみに対して施されるものであり、または、上記（3）における第一の符号誤り検出訂正処理は、該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内の復号符号を参照し、設定された所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）

に対応する所定の復号符号系列パターンと一致する符号位置の、当該記録符号系列ブロック内、復号符号のみに対してのみ施されるものであることを特徴とする請求項1記載の情報記録再生方法。

【請求項14】上記記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理の、記録される該情報符号系列には、所定の情報符号位置のみにいて、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容する符号拘束条件が付加され、かつ、上記（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう施されるものであり、かつ、上記（3）における第一の誤り符号検出訂正処理は、上記第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象の検出訂正処理が施こされるものであることを特徴とする請求項4または5記載の情報記録再生方法。

【請求項15】請求項4乃至13の情報記録再生方法において、

上記記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理において、記録される該情報符号系列には、所定の情報符号位置のみにいて、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容する符号拘束条件が付加され、かつ、上記（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう施されるものであり、かつ、上記（3）における第一の誤り符号検出訂正処理は、上記第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内の復号符号に対して、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象の検出訂正処理が施こされるものであることを特徴とする請求項4または5記載の情報記録再生方法。

【請求項16】上記（1）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成、あるいは、上記（3）における第一の符号誤り検出訂正処理において、予め設定される所定の符号誤りパターン（符号誤り

シンδροーム)は、所定の情報符号系列を該記録媒体上に記録再生し、該記録媒体上から該最尤系列推定方法により復号された該情報符号系列と、記録前の該情報符号系列とを照合して推定されるものであり、かつ、推定された符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)の内、所定の頻度以上を有するもの、あるいは最大頻度のものから所定個数が選択され、これが設定されることを特徴とする請求項1記載の情報記録再生方法。

【請求項17】2値信号レベルを有する記録信号系列を用いて、2進情報符号系列を該記録媒体上に記録再生する方法であって、(7)直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により2進情報符号系列(同一レベル符号値の非反転連続符号系列)を記録再生する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により2進情報符号系列(2値レベル符号値の連続反転符号系列)を記録再生する場合に、各々の場合に該最尤系列推定方法に入力される再生信号系列として、零値連続信号系列を出力する信号伝達特性の情報記録再生系を用い、(8)記録される該2進情報符号系列に対し、上記(1)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように施されるものであり、または、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列に対し、上記(3)における第一の符号誤り検出訂正処理は、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正するものである、ことを特徴とする請求項1記載の情報記録再生方法。

【請求項18】2値信号レベルを有する記録信号系列を用いて、2進情報符号系列を該記録媒体上に記録再生する方法であって、(9)直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により2進情報符号系列(同一レベル符号値の非反転連続符号系列)を記録再生する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により2進情報符号系列(2値レベル符号値の連続反転符号系列)を記録再生する場合に、各々の場合に該最尤系列推定方法に入力される再生信号系列として、零値連続信号系列を出力する信号伝達特性の情報記録再生系を用い、(10)第一の符号系列変換処理における該記録符号変調処理は、該記録信号系列上の連続信号レベル反転の最大回数を所定回数 k (k は自然数)に制限するように、該2進情報符号系列に対する符号条件を付加するものであり、(11)記録される該2進情報符号系列に対し、上記(1)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系

列推定方法により復号された該2進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように施されるものであり、または、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列に対し、上記(3)における第一の符号誤り検出訂正処理は、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正するものである、ことを特徴とする請求項4または5記載の情報記録再生方法。

【請求項19】上記(8)乃至(11)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内の情報符号を参照し、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列と一致する符号位置の情報符号に対してのみ施されるものであり、または、上記(8)乃至(11)における第一の符号誤り検出訂正処理は、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内の復号符号を参照し、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列と一致する符号位置の復号符号に対してのみ施されるものであることを特徴とする請求項17または18記載の情報記録再生方法。

【請求項20】上記該記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理の、記録される該2進情報符号系列には、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列が許容される符号拘束条件が付加され、かつ、上記(11)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるよう施されるものであり、かつ、上記(11)における第一の誤り符号検出訂正処理は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象の検出訂正を施すものであることを特徴とする請求項18記載のの情報記録再生方法。

【請求項21】上記記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理の、記録される該2進情報符号系列には、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列が許容される符

号拘束条件が付加され、かつ、上記（11）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、記録される該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるよう施されるものであり、かつ、上記（11）における第一の誤り符号検出訂正処理は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定方法により復号された該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象の検出訂正を施すものであることを特徴とする請求項18記載の情報記録再生方法。

【請求項22】単一の孤立信号レベル反転のみを有する該記録信号系列により該2進情報符号系列を記録再生するとき、該記録再生系から該最尤系列推定方法に入力される再生信号系列上の応答信号波形が非対称形状となる信号伝達特性の該情報記録再生系を用いることを特徴とする請求項17または18記載の情報記録再生方法。

【請求項23】情報符号系列を記録媒体上に記録する記録手段と、該記録媒体からの再生信号系列を最尤系列推定方器（最尤シーケンス復号・検出器、最尤復号器、ビタビ復号器）を用い該情報符号系列に復号再生する再生手段とを有する情報記録再生装置の、（12）記録される該情報符号系列には、該最尤系列推定器により連続して復号処理される所定符号長の該情報符号系列（記録符号系列ブロック）を単位として、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該記録符号系列ブロックに対応した第一の誤り訂正符号系列を構成する第一の誤り訂正符号化手段が設けられ、かつ、第一の誤り訂正符号化手段による第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系列推定器により復号された当該記録符号系列ブロックおよび当該誤り訂正符号系列内において、予め設定された所定の符号誤りパターン

（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を、所定の個数まで発生することを検出訂正（第一の符号誤り検出訂正処理）できるよう施されるものであり、

（13）第一の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上あるいは該記録媒体と異なる記録媒体上の、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の記録位置に分割または一括して記録され、該情報符号系列とともに復号・再生されるものであり、あるいは、第一の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上、当該記録符号系列ブロックの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加し記録され、該情報符号系列とともに復号・再生されるものであり、（14）該記録媒体から、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列には、該記

録符号系列ブロックを処理単位として、第一の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、第一の符号誤り検出訂正処理を施す第一の誤り訂正復号手段が設けられる、ことを特徴とする情報記録再生装置。

【請求項24】上記符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）が指示する各々の誤り符号の符号位置では、該誤り符号に対する正規情報符号、または、該誤り符号の差異が互いに区別できるものであることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項25】上記最尤系列推定器により復号された該情報符号系列は、該情報符号系列上の符号順序に論理的变化を加えられることなく、第一の誤り訂正復号手段に供給され、あるいは、該最尤系列推定器から復号出力される該情報符号系列は、直接、第一の誤り訂正復号手段に入力されることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項26】記録される該情報符号系列には、上記（12）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理手段が、第一の誤り訂正符号化手段に前置して設けられ、かつ、該記録媒体から該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列には、上記（14）における第一の誤り符号検出訂正処理が施された後に、該記録符号変調処理に対応する所定の記録符号復調処理による第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理手段が、第一の誤り訂正復号手段に後置して設けられることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項27】（15）記録される該情報符号系列には、上記（12）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報記録再生装置の記録・再生処理動作における該情報符号系列の連続処理単位（記録フレーム）、あるいは、複数の該記録符号系列ブロックに相当する符号系列単位を第二の符号誤り検出訂正処理の単位（情報符号フレーム）として、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該情報符号フレームに対応した第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号化手段が、第一の誤り訂正符号化手段に前置して設けられ、（16）第二の誤り訂正符号系列は、該記録媒体上あるいは該記録媒体と異なる記録媒体上の、当該情報符号フレームに対応する所定の記録位置に、分割または一括して記録され、該情報符号系列とともに記録・再生されるものであり、あるいは、第二の誤り訂正符号系列は、上記（12）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報符号系列上、当該の情報符号フレームの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加し記録され、該情報符号系列とともに復号・再生されるものであり、（17）該記録媒体から、

該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列には、(14)における第一の符号誤り検出訂正処理が施された後、該情報符号フレームを処理単位として、第二の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該第二の誤り訂正符号系列を用いた第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号手段が、第一の誤り訂正復号手段に後置して設けられる、ことを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項28】記録される該情報符号系列には、上記(15)における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成後、または、上記(16)における第二の誤り訂正符号系列の挿入・付加後に、第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理手段が、第二の誤り訂正符号化手段に後置して設けられ、かつ、該記録媒体から該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列には、上記(17)における第二の誤り符号検出訂正処理が施される前に、第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理手段が、第二の誤り訂正復号手段に前置して設けられることを特徴とする請求項27記載の情報記録再生装置。

【請求項29】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録されることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項30】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録され、かつ、第二の誤り訂正符号系列は、該情報符号系列上、当該記録フレームに対応する所定の符号位置、あるいは、当該記録フレームの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体上に記録されることを特徴とする請求項27記載の情報記録再生装置。

【請求項31】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列(情報シンボル)を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記(15)における第二の誤り訂正符号化手段は、該情報シンボルを分割処理単位とするインターリーブ処理により、該情報符号フレームを分割して得られるn本の独立情報シンボル系列(nは自然数)に対して、独立に、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を構成するものであり、かつ、上記(17)における第二の誤り訂正復号手

段は、n本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とする第二の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項27記載の情報記録再生装置。

【請求項32】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列(情報シンボル)を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記(15)における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成前、および、上記(17)における第二の符号誤り検出訂正処理前には、該情報シンボルを分割処理単位として、該情報符号フレームをn本の独立情報シンボル系列(nは自然数)に分割するインターリーブ処理手段が設けられ、かつ、上記(15)においては、n本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号化手段が設けられ、かつ、上記(17)においては、n本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とする第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号手段が設けられることを特徴とする請求項27記載の情報記録再生装置。

【請求項33】上記記録符号系列ブロックは、該記録媒体上、物理的に連続記録される自然数個の該情報シンボルから構成されることを特徴とする請求項31または32記載の情報記録再生装置。

【請求項34】上記記録符号系列ブロックは、第一の符号系列変換処理または第一の符号系列変換処理における最小処理単位となる符号系列の自然数個から構成されることを特徴とする請求項26または27記載の情報記録再生装置。

【請求項35】上記(14)の第一の符号誤り検出訂正処理の、符号誤りが検出され、符号誤り訂正が不能と判定される記録符号系列ブロックに属する符号または情報シンボルに対し、誤り訂正フラグ情報を送出する手段と、上記(17)の第二の符号誤り検出訂正処理において、該誤り訂正フラグが指示する符号または情報シンボルに対し、消失符号誤り訂正処理を施す誤り訂正復号手段、あるいは、第二の誤り訂正復号手段とを備えることを特徴とする請求項27記載の情報記録再生装置。

【請求項36】上記(12)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成には、記録される該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内の情報符号を参照する手段と、参照された該情報符号を用い、設定された所定の符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)に対応する所定の情報符号系列パターンと一致する、当該記録符号系列ブロック内の情報符号の符号位置を検査する符号照合手段とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正符号化手段は、当該記録符号系列ブロック内、該符号照合手段からの該符号位置の情報により指示された情報符号のみに対して、第一の誤り訂正符号化

を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、上記(14)における第一の符号誤り検出訂正処理には、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内の復号符号を参照する手段と、参照された該復号符号を用い、設定された所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)に対応する所定の復号符号系列パターンと一致する、当該記録符号系列ブロック内の復号符号の符号位置を検査する符号照合手段とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正復号手段は、当該記録符号系列ブロック内、該符号照合手段からの該符号位置の情報により指示された復号符号のみに対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項37】上記符号変調処理手段は、記録される該情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該情報符号系列上、所定の情報符号位置のみににおいて、設定された所定の符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容して符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段は、記録される該情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記(14)における第一の誤り訂正復号手段は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を有する特定の符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項26または27記載の情報記録再生装置。

【請求項38】上記符号変調処理手段は、記録される該情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該情報符号系列上、所定の情報符号位置のみににおいて、設定された所定の符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容して符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段は、記録される該情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記(14)における第一の誤り訂正復号手

段は、上記第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を有する特定の符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項26または27記載の情報記録再生装置。

【請求項39】請求項23乃至38の情報記録再生装置において、

上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段、または、上記(14)における第一の誤り訂正復号手段は、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列を記録前の該情報符号系列と照合し正規符号位置および誤り符号位置を検査して誤り符号位置系列を出力する符号系列照合手段と、該誤り符号位置系列から符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を検出する符号誤りパターン検出手段とを備えることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項40】上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段、または、上記(14)における第一の誤り訂正復号手段は、該符号誤りパターン検出手段から検出される該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)および該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)の発生頻度を記録する頻度記録手段を備えることを特徴とする請求項39記載の情報記録再生装置。

【請求項41】上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段、または、上記(14)における第一の誤り訂正復号手段は、該最尤系列推定器により復号された該情報符号系列を記録前の該情報符号系列と照合し正規符号位置および誤り符号位置を検査して誤り符号位置系列を出力する符号系列照合手段と、該誤り符号位置系列から所定の符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を検出する符号誤りパターン検出手段とを備えることを特徴とする請求項23記載の情報記録再生装置。

【請求項42】上記(12)における第一の誤り訂正符号化手段、または、上記(14)における第一の誤り訂正復号手段は、該符号誤りパターン検出手段から検出される所定の該符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)の発生頻度を記録する頻度記録手段を備えることを特徴とする請求項41記載の情報記録再生装置。

【請求項43】上記符号誤りパターン検出手段は、所定の連続長以上の正規符号位置により分離される該誤り符号位置系列の部分系列を符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)として検出するものであることを特徴とする請求項39記載の情報記録再生装置。

【請求項44】上記(12)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成、あるいは、上記(14)における第一の符号誤り検出訂正処理の、

予め設定される所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）には、情報記録再生動作の開始前あるいは動作中の所定の期間中に、所定の情報符号系列を該記録媒体上に記録再生し、該頻度記録手段により発生頻度を記録された該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の内、所定の頻度以上を有するもの、あるいは最大頻度のものから所定個数が選択され、これが設定されることを特徴とする請求項 3 9 記載の情報記録再生装置。

【請求項 4 5】 2 値信号レベルを有する記録信号系列を用いて、2 進情報符号系列を該記録媒体上に記録再生する装置であって、(1 8) 直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生する場合に、該最尤系列推定器に入力される各々の再生信号系列として、零値連続信号系列を出力する信号伝達特性の情報記録再生系を備え、(1 9) 記録される該 2 進情報符号系列に対し、上記 (1 2) における第一の誤り訂正符号化手段は、該最尤系列推定器により復号された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成するものであり、または、該最尤系列推定器により復号された該 2 進情報符号系列に対し、上記 (1 4) における第一の誤り訂正復号手段は、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 2 3 記載の情報記録再生装置。

【請求項 4 6】 2 値信号レベルを有する記録信号系列を用いて、2 進情報符号系列を該記録媒体上に記録再生する装置であって、(2 0) 直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生する場合に、該最尤系列推定器に入力される各々の再生信号系列として、零値連続信号系列を出力する信号伝達特性の情報記録再生系を備え、(2 1) 該符号変調処理手段は、記録される該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施こして、該記録信号系列上の連続信号レベル反転の最大回数を所定回数 k (k は自然数) に制限するように、符号拘束条件を付加するものであり、(2 2) 記録される該 2 進情報符号系列に対

し、上記 (1 2) における第一の誤り訂正符号化手段は、該最尤系列推定器により復号された該 2 進情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内において、 $(k + 1)$ 以下の所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、該最尤系列推定器により復号された該 2 進情報符号系列に対し、上記 (1 4) における第一の誤り訂正復号手段は、 $(k + 1)$ 以下の所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 2 6 または 2 7 記載の情報記録再生装置。

【請求項 4 7】 上記 (1 9) 乃至 (2 2) における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成には、記録される該 2 進情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内の情報符号を参照する手段と、参照された該情報符号を用い、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該記録符号系列ブロック内の情報符号の符号位置を検査する符号照合手段とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正符号化手段は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合手段からの該符号位置の情報により指示された情報符号のみに対して、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、上記 (1 9) 乃至 (2 2) における第一の符号誤り検出訂正処理には、該最尤系列推定器により復号された該 2 進情報符号系列上、当該記録符号系列ブロック内の復号符号を参照する手段と、参照された該復号符号を用い、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該の記録符号系列ブロック内の復号符号の符号位置を検査する符号照合手段とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正復号手段は、当該記録符号系列ブロック内、該符号照合手段からの該符号位置の情報により指示された復号符号のみに対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 4 5 または 4 6 記載の情報記録再生装置。

【請求項 4 8】 上記符号変調処理手段は、記録される該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施こし、該 2 進情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の出現を許容する符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (2 2) における第一の誤り訂正符号化手段は、記録される該 2 進情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列

の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記(22)における第一の誤り訂正復号手段は、上記第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定器により復号された該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項46記載の情報記録再生装置。

【請求項49】上記符号変調処理手段は、記録される該2進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該2進情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにて、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の出現を許容する符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記(22)における第一の誤り訂正符号化手段は、記録される該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、(22)における第一の誤り訂正復号手段は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定器により復号された該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項46記載の情報記録再生装置。

【請求項50】単一の孤立信号レベル反転のみを有する該記録信号系列により該2進情報符号系列を記録再生するとき、該記録再生系から該最尤系列推定器に入力される再生信号系列上の応答信号波形が非対称形状となる信号伝達特性の情報記録再生系を備えることを特徴とする請求項45または46記載の情報記録再生装置。

【請求項51】入力される情報符号系列を記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段(記録処理回路)と、入力される再生信号系列を、最尤系列推定回路(最尤シーケンス検出回路、最尤復号回路、ビタビ復号回路)を用いて、該情報符号系列に復号再生し出力する回路手段(再生処理回路)とを有する情報記録再生回路であって、(23)該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列

には、該最尤系列推定回路により連続して復号処理される所定符号長の該情報符号系列(記録符号系列ブロック)を単位として、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該記録符号系列ブロックに対応した第一の誤り訂正符号系列を構成する第一の誤り訂正符号器回路が設けられ、かつ、第一の誤り訂正符号器回路による第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系列推定回路により復号された当該の記録符号系列ブロックおよび当該の誤り訂正符号系列内において、予め設定された所定の符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)を有する特定の符号誤り事象を、所定の個数まで発生することを検出訂正(第一の符号誤り検出訂正処理)できるように施されるものであり、(24)第一の誤り訂正符号系列を、記録信号系列、または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段を備え、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備え、該符号系列処理回路から出力生成される符号系列は、該記録処理回路に供給されて、記録信号系列または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力され、(25)該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、該記録符号系列ブロックを処理単位として、第一の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、第一の符号誤り検出訂正処理を施す第一の誤り訂正復号器回路が設けられることを特徴とする情報記録再生回路。

【請求項52】上記符号誤りパターン(符号誤りシンδροーム)が指示する各々の誤り符号の符号位置では、該誤り符号に対する正規情報符号、または、該誤り符号の差異が互いに区別できるものであることを特徴とする請求項51記載の情報記録再生回路。

【請求項53】上記最尤系列推定回路から復号出力される該情報符号系列は、該情報符号系列上の符号順序に論理変更に加えられることなく、第一の誤り訂正復号器回路に供給され、あるいは、該最尤系列推定回路から復号出力される該情報符号系列は、直接、第一の誤り訂正復号器回路に入力されることを特徴とする請求項51記載の情報記録再生回路。

【請求項54】上記記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記(23)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理回路が、第一の誤り訂正符号器回路に前置して設けられ、かつ、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記(25)における第一の誤り符号検出訂正処理が施された後に、該記録符号変調処理に対応する所定の記録符号復調

処理による第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理回路が、第一の誤り訂正復号器回路に後置して設けられることを特徴とする請求項 51 記載の情報記録再生回路。

【請求項 55】請求項 51 乃至 54 の情報記録再生回路において、

(26) 該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記 (23) における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報記録再生装置の記録・再生処理動作における該情報符号系列の連続処理単位 (記録フレーム)、あるいは、複数の該記録符号系列ブロックに相当する符号系列単位を第二の符号誤り検出訂正処理の単位 (情報符号フレーム) として、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該情報符号フレームに対応した第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号器回路が、第一の誤り訂正符号器回路に前置して設けられ、(27) 第二の誤り訂正符号系列を、記録信号系列、または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段を備え、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を、上記 (23) における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の情報符号フレームの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第二の符号系列処理回路を備え、該符号系列処理回路から出力生成される符号系列は、第一の符号系列処理回路に供給された後に、該記録処理回路に供給されて、記録信号系列または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力され、(28) 該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記 (25) における第一の符号誤り検出訂正処理が施された後、該情報符号フレームを処理単位として、第二の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第二の誤り訂正符号系列を用いた第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号器回路が、第一の誤り訂正復号器回路に後置して設けられる、ことを特徴とする情報記録再生回路。

【請求項 56】上記記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記 (26) における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成後、または、上記 (27) における第二の誤り訂正符号系列の挿入・付加後に、第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理回路が、第二の誤り訂正符号器回路、または、第二の符号系列処理回路に後置して設けられ、かつ、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記 (28) における第二の誤り符号検出訂正処理が施される前に、第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理回路が、第二の誤り訂正復号器回路に前置して設けられることを特徴とする請求項 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 57】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備えることを特徴とする請求項 51 記載の情報記録再生回路。

【請求項 58】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備え、かつ、第二の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録フレームに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録フレームの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備えることを特徴とする請求項 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 59】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列 (情報シンボル) を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記 (26) における第二の誤り訂正符号器回路は、該情報シンボルを分割処理単位とするインターリーブ処理により、該情報符号フレームを分割して得られる n 本の独立情報シンボル系列 (n は自然数) に対して、独立に、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を構成するものであり、かつ、上記 (28) における第二の誤り訂正復号器回路は、 n 本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とする第二の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 60】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列 (情報シンボル) を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記 (26) における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成前、および、上記 (28) における第二の符号誤り検出訂正処理前には、該情報シンボルを分割処理単位として、該情報符号フレームを n 本の独立情報シンボル系列 (n は自然数) に分割するインターリーブ処理回路が、第二の誤り訂正符号器回路、および、第二の誤り訂正復号器回路に前置して、設けられ、かつ、上記 (26) においては、 n 本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号器回路が設けられ、かつ、上記 (28) においては、 n 本の該独立情報シン

ボル系列に対し、独立に、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とする第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号器回路が設けられることを特徴とする請求項 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 61】 上記記録符号系列ブロックは、該記録処理回路から連続して変換出力される自然数個の該情報シンボルから構成されることを特徴とする請求項 59 または 60 記載の情報記録再生回路。

【請求項 62】 上記記録符号系列ブロックは、第一の符号系列変換処理または第一の符号系列変換処理における最小処理単位となる符号系列の自然数個から構成されることを特徴とする請求項 54 または 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 63】 上記 (25) の第一の符号誤り検出訂正処理において、符号誤りが検出され、符号誤り訂正が不能と判定される記録符号系列ブロックに属する符号または情報シンボルに対し、誤り訂正フラグ情報を送出するフラグ生成回路と、上記 (28) の第二の符号誤り検出訂正処理において、該フラグ生成回路から出力される該誤り訂正フラグが指示する符号または情報シンボルに対し、消失符号誤り訂正処理を施す誤り訂正復号回路、あるいは、第二の誤り訂正復号回路とを備えることを特徴とする請求項 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 64】 上記 (23) における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成には、記録される該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の情報符号を参照する回路と、参照された該情報符号を用い、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンと一致する、当該の記録符号系列ブロック内の情報符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正符号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された情報符号のみに対して、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、上記 (25) における第一の符号誤り検出訂正処理には、該最尤系列推定回路により復号された該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の復号符号を参照する回路と、参照された該復号符号を用い、設定された所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の復号符号系列パターンと一致する、当該の記録符号系列ブロック内の復号符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正復号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された復号符号のみに対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 51 記載の情報記録再生回路。

【請求項 65】 上記符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列に対し、所定

の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施こし、該情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容して符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記 (25) における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 54 または 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 66】 上記符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施こし、該情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容して符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記 (25) における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 54 または 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 67】 上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路、または、上記 (25) における第一の誤り訂正復号器回路は、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列を、該記録処理回路から変換出力され

る前の該情報符号系列と照合し正規符号位置および誤り符号位置を検査して誤り符号位置系列を出力する符号系列照合回路と、該誤り符号位置系列から符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を検出する符号誤りパターン検出回路とを備えることを特徴とする請求項 5 1 記載の情報記録再生回路。

【請求項 6 8】上記（2 3）における第一の誤り訂正符号器回路、または、上記（2 5）における第一の誤り訂正復号器回路は、該符号誤りパターン検出回路から検出される該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）および該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の発生頻度を記録する頻度記録回路を備えることを特徴とする請求項 6 7 記載の情報記録再生回路。

【請求項 6 9】上記（2 3）における第一の誤り訂正符号化回路、または、上記（2 5）における第一の誤り訂正復号回路は、該最尤系列推定回路により復号された該情報符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列と照合し正規符号位置および誤り符号位置を検査して誤り符号位置系列を出力する符号系列照合回路と、該誤り符号位置系列から所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を検出する符号誤りパターン検出回路とを備えることを特徴とする請求項 5 1 記載の情報記録再生回路。

【請求項 7 0】上記（2 3）における第一の誤り訂正符号器回路、または、上記（2 5）における第一の誤り訂正復号器回路は、該符号誤りパターン検出回路から検出される所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の発生頻度を記録する頻度記録回路を備えることを特徴とする請求項 6 9 記載の情報記録再生回路。

【請求項 7 1】上記符号誤りパターン検出回路は、所定の連続長以上の正規符号位置により分離される該誤り符号位置系列の部分系列を符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）として検出するものであることを特徴とする請求項 6 7 記載の情報記録再生回路。

【請求項 7 2】上記（2 3）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成、あるいは、上記（2 5）における第一の符号誤り検出訂正処理において、予め設定される所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）には、該頻度記録回路により発生頻度を記録された該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の内、所定の頻度以上を有するもの、あるいは最大頻度のものから所定個数が選択され、これが設定されることを特徴とする請求項 6 7 記載の情報記録再生回路。

【請求項 7 3】2 値信号レベルを有する記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号を変換出力する該記録処理回路を備え、該記録処理回路および該再生処理回路を通じて、2 進情報符号系列を記録再生する回路であって、（2 9）直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生処理する場合、

および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生処理する場合に、各々の場合の該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列が、零値連続信号系列となる信号伝達特性を有する該記録処理回路および該再生処理回路を備え、（3 0）該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、上記（2 3）における第一の誤り訂正符号器回路は、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成するものであり、または、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列に対し、上記（2 5）における第一の誤り訂正復号器回路は、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 5 1 記載の情報記録再生回路。

【請求項 7 4】2 値信号レベルを有する記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号を変換出力する該記録処理回路を備え、該記録処理回路および該再生処理回路を通じて、2 進情報符号系列を記録再生する回路であって、（3 1）直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生処理する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生処理する場合に、各々の場合に該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列が、零値連続信号系列となる信号伝達特性を有する該記録処理回路および該再生処理回路を備え、（3 2）該符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施こして、該記録信号系列上の連続信号レベル反転の最大回数を所定回数 k （ k は自然数）に制限するように、符号拘束条件を付加するものであり、（3 3）該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し上記（2 3）における第一の誤り訂正符号器回路は、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、

該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列に対し、上記 (14) における第一の誤り訂正復号器回路は、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 54 または 55 記載の情報記録再生回路。

【請求項 75】上記 (29) 乃至 (31) における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成には、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の情報符号を参照する回路と、参照された該情報符号を用い、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該の記録符号系列ブロック内の情報符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正符号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された情報符号のみに対して、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、上記 (29) 乃至 (31) における第一の符号誤り検出訂正処理には、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の復号符号を参照する回路と、参照された該復号符号を用い、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該の記録符号系列ブロック内の復号符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正復号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された復号符号のみに対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 73 または 74 記載の情報記録再生回路。

【請求項 76】上記符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該 2 進情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の出現を許容する符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (31) における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記 (31) における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上の当該の記録符号系列

ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 74 記載の情報記録再生回路。

【請求項 77】上記該符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該 2 進情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の出現を許容する符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (31) における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号のみに対して、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記 (31) における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 74 記載の情報記録再生回路。

【請求項 78】単一の孤立信号レベル反転のみを有する該記録信号系列により該 2 進情報符号系列を記録再生するとき、該記録再生系から該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列上の応答信号波形が非対称形状となる信号伝達特性の該記録処理回路および該再生処理回路を備えることを特徴とする請求項 73 記載の情報記録再生回路。

【請求項 79】請求項 51 乃至 78 の情報記録再生回路を搭載する情報記録再生装置。

【請求項 80】請求項 51 乃至 78 の情報記録再生回路を搭載する集積回路。

【請求項 81】請求項 78 の情報記録再生回路を搭載する情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度かつ高信頼度なデジタル情報記録再生を実現するための情報記録再生方法、情報記録再生回路及びこれを用いた情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】高密度情報記録再生系・装置において、記録媒体から得られる低品質な記録再生信号からのデータ再生の信頼度を向上させるためには、最尤系列推定方法あるいは最尤シーケンス検出 (MLSD: Maximum-Likelihood Sequence Detection) を用いたデータ復号技術が広く普及しており、これは、通信分野における畳み込み符号等の誤り訂正復号方式の有効な手段として、以前より幅広く用いられている技術である。

【0003】この最尤シーケンス検出は、復号データがもつ記憶性あるいは相関性を利用し、復号符号系列を時系列的に推定することで、復号符号系列における誤り発生確率を最小化する技術であり、再生信号系列 $\{Y(n)\}$ (n は離散的信号発生順序・時刻を示す整数) が復号入力に与えられるとき、全ての起こりうる記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ の中から、信号系列 $\{Y(n)\}$ が再生される見込み (尤度) が最も大きい系列 (最尤シーケンス) を選択し、これを復号情報 (符号) 系列 $\{Z(n)\}$ として出力する。すなわち、最尤シーケンス復号器は、ある再生信号系列 $\{Y(n)\}$ の全系列が与えられたとき、ある記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ を仮定した条件の下で、該再生信号系列 $\{Y(n)\}$ が受信再生される事後事前確率 $P[\{Y(n)\}/\{X(n)\}]$ が最大となるように、記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ を選択して、復号情報 (符号) 系列 $\{Z(n)\}$ の最尤系列推定を行うものである。このとき、記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ は、互いに独立に推定されるのではなく、その前後関係で推定される。このような最尤シーケンス検出は、起こりうる全ての記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ が等確率で記録される条件、換言すれば、各記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ の発生確率に関する情報が復号時に一切与えられない条件の下で、正復号確率 $P[\{X(n)\} \& \{Z(n)\}]$ (記録情報 (符号) 系列 $\{X(n)\}$ と復号情報 (符号) 系列 $\{Z(n)\}$ が一致する確率) を最大として、最良復号誤り確率の復号を提供する。

【0004】この最尤シーケンス検出は、動的プログラミング形式によるビタビ・アルゴリズム (Viterbi Algorithm) などを用いて、効率よく実現される。最尤シーケンス検出やビタビ・アルゴリズムに関する論文として、ジー・デー・フォーネイ, "ザ ビタビ アルゴリズム", プロシーディングス オブ アイ・イー・イー・イー (G.D. Forney, "The Viterbi Algorithm", Proceedings of the IEEE), vol. 61, No. 3, March 1973, pp. 268-278、および、ジー・アンガーボック, "アダプティブ マキシマム ライクリーフッド レシーバ フォー キャリア モジュレーテッド データ トランスミッション システム", アイ・イー・イー・イー トランザクション オン コミュニケーション (G. Ungerboeck, "Adaptive Maximum-Likelihood Receiver for Carrier-Modulated Data Transmission Systems", IEEE Transactions on Communications), vol. COM-22, No. 5, May 1974, pp. 624-6

38があり、これら論文は、最尤シーケンス検出を用いた受信再生装置または、その一部の基本的な形式を示す。また、実地的なビタビ・アルゴリズムの実現手段は、フイーリング ロウ, "インプリメンティング ザ ビタビ アルゴリズム", アイ・イー・イー・イー シグナル プロセッシング マガジン (Hui-Ling Lou, "Implementing the Viterbi Algorithm", IEEE Signal Processing Magazine), Sept. 1995, pp. 42-52、および、ジー・フェット ウェイス エンド エイチ・メイア, "ハイスピード パラレル ビタビ デコーディング: アルゴリズム アンド ブイ・エル・エス・アイ アーキテクチャ", アイ・イー・イー・イー コミュニケーション シグナル マガジン (G. Fettweis and H. Meyr, "High-Speed Parallel Viterbi Decoding: Algorithm and VLSI-architecture", IEEE Communications Magazine), May 1991, pp. 46-55 などに詳しい。

【0005】このような最尤系列推定方法や最尤シーケンス検出技術は、情報通信系や伝送系への応用を通じて急速に普及・発展し、情報伝送の信頼性を確保し、通信の品質を維持する上で大きな役割を果たしている。また、米国特許第 203413 等の開示されるように、高密度情報再生系に対しても、広く応用がなされており、パーシャルレスポンス伝送波形等化技術と最尤シーケンス検出技術とを組み合わせた PRML (Partial-Response Maximum-Likelihood) 方式は、代表的な公知技術として、実用化が著しい。

【0006】こうした、最尤シーケンス検出技術を用いたデータ復号技術において、さらなる耐雑音性能の向上や復号信頼度の向上を図るため、従来からは、トレリス符号化・変調技術やさらに拡張されたパーシャルレスポンス伝送等化技術の積極的適用が試みられている。上記のように、最尤シーケンス検出では、再生信号系列の前後関係から受信再生される見込み (尤度) が最も大きい系列 (最尤シーケンス) を選択し、これを最も確からしい復号情報 (符号) 系列として出力し、復号結果とする。このため、上記のような公知技術では、符号化・変調技術や拡張パーシャルレスポンスによって、記録符号系列や記録再生系の情報伝送路上に様々な拘束条件や記憶要素を付加して、復号データの相関を増加させ、全記録符号系列に対する再生信号系列間のユークリッド信号距離 (尤度差) を増加させることにより、該尤度差の雑音に対する識別余裕を拡大することを意図している。

【0007】また、情報記録再生装置や情報伝送装置において所望の復号信頼性を確保するため、誤り訂正符号化技術が積極的に導入されており、リードソロモン符号をはじめとする、極めて誤り訂正能力の高い、かつ、実用性の高い符号化方式・復号方式の開発され、これが高密度情報記録再生系や高速情報伝送系に導入されるに至り、上記の最尤シーケンス検出技術等との組み合わせにより、データ復調の信頼性は、飛躍的に向上してきた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】高記録密度化が進む情報記録再生系の下では、ますます、再生信号の品質は劣化し、そのデータ復調の信頼性は低下する。従って、従来からの最尤シーケンス検出を用いたデータ再生手段においても、さらに耐雑音性能を向上させることが要求されている。前述のようなトレリス符号化・変調技術や拡張パーシャルレスポンス伝送等化技術の応用は、受信信号列のユークリッド信号距離拡大による利得を生む一方で、送信符号列や伝送信号列上への様々な拘束条件の付加によって、記録情報（符号）系列における冗長性の増加を招く。このため、磁気ディスク装置などの高速・高密度情報記録再生系への適用においては、この記録情報系列の冗長性増加による記録情報量の損失や、狭帯域記録再生系信号伝送路を介しての多大な信号帯域損失による再生信号劣化が生じて、必ずしも効果的な手法とはならない。さらに、このような手法では、しばしば、過大かつ複雑な記録符号処理回路や付加回路が要求され、また、増加した復号データの相関を考慮するため、最尤シーケンス検出による復号器は、指数関数的な回路規模の要求を避けることができず、多大なハードウェア資源が要求される。また、最尤シーケンス検出技術では、再生信号系列の前後関係から検出することで高い信頼性を提供することができるが、検出誤りが生じた場合には、これによりシーケンス誤りによる復号誤り伝搬が生じて、しばしば、バースト的な連続した符号誤り波及を発生させる。これは、併せて用いられる誤り訂正符号の訂正能力の著しい損失を招き、また、記録再生系・記録再生装置全体でのデータ復調信頼性を低下させている。また、これに起因して、誤り訂正符号により最尤シーケンス検出によるデータ復号の信頼性を向上させるには、極めて強力な誤り訂正能力が要求されるようになる。これは、誤り訂正符号の構成複雑化と冗長度の増加を助長して、やはり、効果的かつ経済的な高信頼度データ復号手段の実現を妨げることになる。

【0009】本発明の課題は、このような最尤シーケンス検出技術による情報記録再生信号のデータ復号において、最尤復号誤り率（復号信頼度）を効率よく改善し、かつ、簡便・簡略な手段やハードウェア資源・回路により、これを実現する手段を提供することである。本発明では、最尤シーケンス復号方法と誤り訂正符号化技術を積極的かつ効果的に組み合わせることによって、符号化の冗長度を低く抑え、かつ、簡易な実現構成を維持しながら、より高いデータ復号信頼度を達成する情報記録再生方法、情報記録再生回路及びこれを用いた情報記録再生装置の実現手段を提供する。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明では、従来と異なり、最尤シーケンス復号方法における復号シーケンス誤りの特性を積極的に活用す

る。一般に誤り訂正符号化は、対象となる符号誤り事象に関する情報を予め知り得た上で符号構成や復号されることにより、訂正能力を向上させる、あるいは、訂正処理を簡略化することが可能となる。本発明では、最尤シーケンス復号方法に誤り訂正符号化・復号手段を接続させることによって、該最尤シーケンス復号方法における復号誤り事象の特性を活用し、低冗長度の誤り訂正符号化を用いて、高効率な誤り訂正・高い信頼性改善を実現する手段を提供する。

【0011】最尤シーケンス復号における復号誤り事象は、受信（再生）信号列間のユークリッド信号距離に対応する、各送信（記録）符号系列間の尤度差に依存して発生確率が決まるため、シーケンス復号誤りの復号符号誤りパターンには、その発生確率頻度において大きな偏りが生ずる。本発明では、このことに着目し、さらに、このような高発生頻度の特定の復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）による誤り事象が最尤復号誤り確率を支配していることから、シーケンス復号誤りの内、発生頻度確率の高い復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有するシーケンス誤りに対して、限定して誤り訂正処理する誤り訂正符号化方法を、この最尤シーケンス復号と組み合わせる手段を提供する。このように訂正処理する復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を限定することによって、誤り訂正符号化方法は、極めて簡易で、かつ、低冗長度のもので構成できる。また、発生頻度の高い復号誤り事象から、優先的に訂正処理を行うことにより、最尤復号における誤り確率を効率良く改善することができる。

【0012】さらに、最尤シーケンス復号からの復号符号系列上では、ランダム雑音状況下において、上記のような復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有するシーケンス復号誤り事象（バースト的符号誤り事象）が、ランダムに分布していることに着目する。すなわち、復号誤り確率を支配するシーケンス状のランダム誤り事象が短い発生間隔で集中することは極めて希である性質を利用する。このことから、各シーケンス復号誤り事象の平均的発生間隔に比して、最尤復号誤り確率を改善するに有意な、限定された復号符号系列区間（復号符号系列ブロック）内で、所定の個数の誤り事象までのみ、上記の誤り訂正処理を行うよう誤り訂正符号化方法を与える。すなわち、該誤り訂正符号化方法は、特定の復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に従う平均的なランダム誤り事象のみを検出訂正することを目的として構成することができ、公知技術に対してさらに低い冗長性と簡易な構成をもって実現することが可能となる。本発明では、以上のように構成される誤り訂正符号化による誤り符号を記録再生するデータ符号内に挿入付加し、これを用いた復号符号誤り訂正処理を、最尤復号誤り特性を効果的に活用できるよう、最尤シーケンス復号器の復号出力に直結した誤り訂正復号器を設けて実

施することにより、効率の良い誤り訂正符号化冗長度の
もので、最も効果的な最尤復号誤り確率を改善する手段
をしている。

【0013】以上のように、本発明では、最尤シーケ
ンス復号方法における復号シーケンス誤りの特性を活用
し、誤り訂正符号化・復号方法と最尤シーケンス復号と
を効率良く連接させた積極的組み合わせの手段により、
復号信頼度を効果的に向上する情報記録再生方法と情報
記録再生回路・情報記録再生装置の実現方法を提供して
いる。さらに、本発明では、上記のような最尤シーケ
ンス復号方法における復号シーケンス誤りが、ある特定の
記録符号列・復号符号系列パターンに依存して発生する
ことに着目し、あるいは、記録符号系列に対する符号化
変調処理を積極的に用いて、高い頻度の該復号符号誤り
パターン（符号誤りシンδροーム）誤り事象の発生個所
を復号符号系列上で限定することにより、該誤り訂正符
号化・復号方法を、さらに簡素に高い信頼性で実現する
手段を提供する。また、ランダム雑音要因のバースト誤
り訂正を目的とする第二の誤り訂正符号化方式と該誤り
訂正符号化方式を相補的に組み合わせることにより、該
誤り訂正符号化・復号方法による誤り検出を活用し、誤
り符号位置の存在個所を限定した第二の誤り訂正符号化
・復号方法を実施することによって、本発明の提供する
情報記録再生方法や情報記録再生回路・情報記録再生
装置のデータ復調信頼性を、さらに効率よく、かつ、効
果的に改善する手段を開示している。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態は、デジタル
データの再生における最尤シーケンス復号・検出方法

（最尤系列推定方法）および、これを用いた復号器・復
号装置の使用に深く関わり、この最尤シーケンス復号と
原理は、一般にビタビ・アルゴリズム等を用いて広く実
現される。本発明の実施形態を示すため、先ず、図10
～図12を用いて、ビタビ・アルゴリズムによる最尤シ
ーケンス復号器の概略を説明する。一般に情報記録再生
系における情報処理の流れは、情報伝送系におけるそれ
と類似した関係にあり、共通した処理構成要素と流れを
用いて説明することができる。

【0015】図10（a）は、この情報伝送系および記
録再生系における情報系列の一般的な流れの概略を示す
ものである。送信または、記録過程において、送信また
は記録情報である送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100（ k は、系
列上の時刻を示す自然数）は、符号器102により所定
の拘束条件を付加された後、変調器103により、チャ
ネル104を介して伝達可能となるようなアナログまた
はデジタル形式の信号情報系列に変換され、チャンネル1
04に出力される。チャンネル104は、伝送または記録
媒体およびトランスデューサ・センサなどから構成され
る情報伝送媒体であり、特に情報記憶再生装置では、変
調器103は、記録情報である送信符号系列 $\{X(k)\}$ 1

00を記録信号系列に変換・処理し、記録ヘッドに供給
する操作を行い、チャンネル104は、記録ヘッド・情報
記憶媒体・再生ヘッドを含む記録再生系に相当する。ま
た、伝送過程における信号には、付加雑音105が加わ
り、これが受信または、再生過程において、受信（復号
入力）信号系列 $\{Y(k)\}$ 107から元の情報への復号を不
確定なものにする。受信または、再生過程では、チャ
ネル104から出力される信号に対して、受信信号処理回
路106による信号増幅・フィルタリング・波形等化な
どの所定の処理を施した後、得られた受信（復号入力）
信号系列 $\{Y(k)\}$ 107から復号符号系列 $\{Z(k)\}$ 109へ
の復号を、最尤シーケンス復号器108を介して行う。
この最尤シーケンス復号器108では、元の送信または
記録情報である送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100に対応し、こ
れに対して最も確からしい復号符号系列 $\{Z(k)\}$ 109の
推定を行う。

【0016】最尤シーケンス復号器108に対して、符
号器102から受信信号処理回路106までの前段処理
過程にあたる情報伝送系101には、様々な記憶要素が
存在しうる。例えば、符号器102では、畳み込み符号
やトレリス符号などを用いて復号誤り検出・訂正などを
行うため、あるいは、ランレングス制限など伝送過程で
必要な何等かの拘束条件を伝送符号に与えるために、有
限個の記憶要素に順次貯えられる符号器102の入出力
符号の畳み込み処理や写像処理によって意図的に送信符号
系列 $\{X(k)\}$ 100に冗長性が付加される場合がある。ま
た、変調器103から受信信号処理回路106までの伝
送過程では、自然または意図的な符号間干渉などの付加
によるチャンネル上の記憶要素が存在する場合がある。情
報伝送系101の各々の過程において、こうした記憶要
素が存在する場合、受信信号系列 $\{Y(k)\}$ 107の各々の
値は、対応する送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100の各々の値と
の一対一対応ではなく、各時刻における送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100の履歴に依存した該記憶要素内の状態との対
応において決定される。最尤シーケンス復号器108で
は、こうした情報伝送系101上の該記憶要素が保持す
る内部状態の推移を推定し、伝送系の記憶性（冗長性）
を活用することによって、雑音に対する復号処理の信頼
度や品質を向上させ、送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100に対
し、より正確な復号符号系列 $\{Z(k)\}$ 109のを受信・再
生側において提供することができる。

【0017】図10（c）は、図10（b）に示された
伝送路チャンネルモデルにおける受信信号系列 $\{Y(k)\}$ 10
7と送信符号系列 $\{X(k)\}$ 100および情報伝送系101
上の記憶要素内の状態との対応関係を示したマルコフ状
態遷移図モデルの一例である。この状態遷移図例では、
情報伝送系101が、図10（b）に示すような、3つ
の1ビット遅延記憶要素110a～110c（D1、D
2、D3）によるモデルで等価的に表すことができる場
合を仮定する。そして、受信信号系列 $\{Y(k)\}$ 107の各

時刻 k における値は、これら 1 ビット遅延記憶要素 1 1 0 a ~ 1 1 0 c 内に保持される送信符号系列 $\{X(k)\}$ の直前 3 時刻の符号ビットの履歴と、加減演算要素 1 1 1 a ~ 1 1 1 c とによって、以下の線形な畳み込み演算の関係によって決定されるものとする。

【0 0 1 8】 $Y(k) = X(k) + X(k-1) - X(k-2) - X(k-3)$
送信符号系列 $\{X(k)\}$ 1 0 0 には、2 進符号 ($X(k)=+1$ または、 -1) が仮定され、3 ビットの該遅延記憶要素の各内容の組み合わせによって、情報伝送系 1 0 1 は、合計 8 つの状態をとりうる。このようにモデル化される情報伝送系 1 0 1 は、クラス 4 拡張パーシャルレスポンス

(E P R 4 : Extended Partial Response Class 4) チャンネルと呼ばれ、磁気記録再生系の情報伝送 (記録再生系) チャンネルにおいて、しばしば用いられる。これに関しては、米国特許第 2 0 3 4 1 3 に詳しく開示される。また、このクラス 4 拡張パーシャルレスポンスチャンネルが有する上述の畳み込み演算チャンネル特性の表現に対しては、しばしば、パーシャルレスポンス特性多項式 $G(D) = 1+D-D^2-D^3 = (1-D)(1+D)^2$ (D は k ビット遅延演算子を示す) が用いられる。高密度記録を実現する磁気記録再生系などでは、様々な適用条件に合わせ、一般に特性多項式 $G(D) = (1-D)(1+D)^n$ (n は適切な自然数) により特徴づけられるパーシャルレスポンスチャンネルが積極的に適用される。このようなパーシャルレスポンスチャンネルは、直流周波数成分と伝送所要帯域 (最高伝送・記録周波数の $1/2$) におけるヌル周波数特性を許容するため、低域遮断特性や狭帯域周波数特性を有する高密度磁気記録再生系への適用には好適である。

【0 0 1 9】最尤シーケンス復号器 1 0 8 において、上述の情報伝送系 1 0 1 が有する記憶性 (冗長性) を利用した最尤系列推定を行うためには、情報伝送系 1 0 1 上の該記憶要素内部の保持状態の推移を規定して、記述する必要がある。図 1 0 (c) の状態遷移図は、送信符号系列 $\{X(k)\}$ が 1 ビット伝送される毎に、図 1 0 (b) に示すクラス 4 拡張パーシャルレスポンスチャンネル情報伝送系 1 0 1 の各記憶要素内の保持状態がどのように推移し、かつ、どのような受信信号系列 $\{Y(k)\}$ 1 0 7 が、信号期待値 $\{E(k)\}$ として受信されるか、その全ての場合の遷移過程を表現するものである。この図における 8 つの状態 $S_j (j=0, 1, 2, \sim, 7)$ と、情報伝送系 1 0 1 上の 1 ビット遅延記憶要素 D_1, D_2, D_3 (図 1 0 (b) 1 1 0 a ~ c) 内に保持される 2 進送信符号 $\{X(k)\}$ ($X(k)=+1$ または -1) の内容との対応関係は、図 1 0 (c) 中の対応表に示す通りである。任意の送信符号系列 $\{X(k)\}$ 1 0 0 が与えられるとき、その送信符号系列および受信信号期待値系列は、この状態遷移図上の一意の遷移パス系列が示す (遷移枝矢印系列に付記される) $\{X(k)\}$ および $\{E(k)\}$ によって表現される。図 1 0 (d) は、この状態遷移パス系列の時間的推移を表現するため、図 1 0 (c) の状態遷移図を横軸・時間軸方向に展開したトレリス

(格子) 線図の表現である。各時刻 k に対応する遷移状態は、 $S_j(k)$ (即ち、 $S_0(k), S_1(k), S_2(k), \sim, S_7(k)$) と表記され、これは、時刻 k における送信符号 $X(k)$ の入力により確定される該記憶要素 D_1, D_2, D_3 内の符号保持の状態を示す。また、各時刻 k において、状態 $S_i(k-1)$ から状態 $S_j(k)$ への遷移を示す各々の枝矢印 (ブランチ) には、状態 S_i から状態 S_j への状態遷移が起こるための送信符号 $X(i, j)$ (言い換えれば、この遷移が確定されたときの復号符号) 及び、この遷移に起こるとき、伝送チャンネルから出力される受信信号期待値 $E(i, j)$ が $X(i, j)/E(i, j)$ の形式で付記される。(時不変な情報伝送系 1 0 1 では、状態遷移の構造は時間的に一定であり、時刻 k により変化しない。したがって、 $X(i, j)$ 及び $E(i, j)$ も、時刻 k によって変化せず、状態 S_i 及び状態 S_j のみに依存して決まる一定値である。時変な場合にも、以下の議論は、容易に一般できる。) この図により、各時刻 k における送信符号 $\{X(k)\}$ と、これによる状態遷移パス及び受信信号期待値 $\{E(k)\}$ との対応関係が明確に表現できる。例えば、図 1 0 (f) の例に示されるように、時刻 $k \sim (k+4)$ において接続する 5 つの状態遷移パス (ブランチ) 1 1 2 a が表現するパス系列 1 1 2 は、5 ビットの送信符号系列 $\{+1, +1, -1, +1, -1\}$ とこれによる情報伝送系 1 0 1 チャンネル状態遷移 $S_0(k-1) \rightarrow S_1(k) \rightarrow S_3(k+1) \rightarrow S_6(k+2) \rightarrow S_5(k+3) \rightarrow S_2(k+4)$ の遷移過程とを表現しており、このときのチャンネル出力される受信信号系列の期待値は、 $\{+2, +4, 0, -2, 0\}$ であることが表現される。

【0 0 2 0】このような情報伝送系 1 0 1 の状態遷移を考慮しながら、最尤シーケンス復号器 1 0 8 における最尤系列推定では実際に観測された雑音の重畳する受信信号系列 $\{Y(n)\}$ と状態遷移図上の各パスにおける受信信号期待値 $\{E(n)\}$ との誤差量を評価し、受信信号系列 $\{Y(n)\}$ 全体での誤差総和が最も小さくなる状態遷移パスの推移を一意に確定して、この確定パスに対する送信符号系列 $\{X(n)\}$ を復号系列 $\{Z(n)\}$ として出力する。これは、いわゆる最小自乗法の原理に基づく、パターンマッチングの手法を用いた信号 (符号) 系列の推定に他ならない。ビタビ・アルゴリズムは、受信信号系列 適さない復号符号系列の候補を順次棄却し、最も受信信号系列に適合する復号符号系列を唯一生き残らせる方法により、この連続時系列信号に対するパターンマッチング処理を、有限のハードウェア資源 (時系列信号情報を貯える記憶素子) と有限の処理遅延時間内において、実時間で効率良く実現するための手段を提供する。次に、このビタビ・アルゴリズムによる最尤シーケンス復号 (最尤復号、または、ビタビ復号) を具体的に実現する手段を説明する。ここでは、対象となる情報伝送系 1 0 1 の一例として、図 1 0 (b) に示した E P R 4 チャンネルを仮定し、図 1 0 (c) の 2 進送信符号系列による E P R 4 伝送路チャンネルの状態遷移図および図 1 0 (d) のトレリス線図を引用して、ビタビ復号処理の概略と基本的構成を説

明する。以下の本明細書では、上述の 2 進送信符号列による E P R 4 伝送チャンネルの例に基づき実施例の説明を行うが、ビタビ・アルゴリズムは、図 1 0 (b) のような状態遷移モデルにより記述されるあらゆる事象に対し、確率的に尤も高い最尤事象推移を推定する、すなわち、最尤遷移系列推定に帰着されるあらゆる問題に対して適用することができる。また、以下の実施例説明は、E P R 4 伝送チャンネルが有する特定の性質や制限に依存するものではなく、先に述べた様々な形態による記憶要素を有した、様々な状態遷移図で記述される情報伝送系チャンネルやモデルに対しても、なんら制約なく、同様の方法で対象となるチャンネルやモデルに拡張し、容易に適用することが可能な一般的実施形態を開示している。

【0 0 2 1】ここでは、まず、該 E P R 4 チャンネルに対し、トレリス線図上の一時刻 k における状態遷移過程を規定した図 1 0 (d) に着目する。ビタビ復号は、この特定のトレリス線図による状態遷移の規定に従い、時刻 k における受信（復号入力）信号値 $Y(k)$ を入力する毎に、これと各状態遷移パスブランチ（矢印）に対応する受信信号期待値 $\{E(i, j)\}$ との誤差を評価することにより、各時刻において、状態 $S_0(k) \sim S_7(k)$ の各々に遷移するパスブランチを、一本ずつに絞り込み、選択する処理を繰り返す。このため前時刻 $(k-1)$ までの同様な処理の繰り返しによって選択された、各状態 $S_0(k-1) \sim S_7(k-1)$ に遷移する接続パスブランチ系列の履歴が、各状態に対して 1 本ずつの生き残りパス系列 $P_0(k-1) \sim P_7(k-1)$ として記憶される。また、各状態 $S_0(k-1) \sim S_7(k-1)$ に至る該生き残りパス系列 $P_0(k-1) \sim P_7(k-1)$ の各々に対し、各パス系列上に示された受信信号期待値系列 $\{E(k)\}$ と実際の受信信号系列 $\{Y(k)\}$ との間での累積誤差（パスメトリック） $M_0(k-1) \sim M_7(k-1)$ が各々評価され、該生き残りパス系列の各々の確からしさを示す計量（尤度）として、同時に記憶される。この時刻 $(k-1)$ までの各状態 $S_0(k-1) \sim S_7(k-1)$ に対する生き残りパス系列 $P_0(k-1) \sim P_7(k-1)$ 及びパスメトリック $M_0(k-1) \sim M_7(k-1)$ の内容は、次の時刻 k での以下に記述された処理により、新たな生き残りパス系列 $P_0(k) \sim P_7(k)$ 及びパスメトリック $M_0(k) \sim M_7(k)$ へと更新され、これが毎時刻の再帰的処理として繰り返される。図 1 0 (e) に示すように、トレリス線図上の各々の状態に注目するとき、時刻 k における状態 $S_n(k)$ ($n=0, 1, \sim, 7$) への遷移過程として、状態 $S_i(k-1)$ と状態 $S_j(k-1)$ ($i, j=0, 1, \sim, 7$) の何れかからの遷移の可能性がある場合には、具体的処理の手順は以下のようにまとめられる。

【0 0 2 2】(1) 時刻 k において入力された受信信号値 $Y(k)$ に対して、状態 $S_i(k-1)$ と状態 $S_j(k-1)$ からの各遷移パスに対応する受信信号期待値 $E(i, n)$ と $E(j, n)$ とを用いて、各遷移パスブランチに対応する自乗誤差値（ブランチメトリック） $BM(i, n)(k)$ と $BM(j, n)(k)$ を以下のように計算する。

【0 0 2 3】状態 $S_i(k-1)$ から $S_n(k)$ への遷移ブランチメトリック：

$$BM(i, n)(k) = [Y(k) - E(i, n)]^2$$

状態 $S_j(k-1)$ から $S_n(k)$ への遷移ブランチメトリック：

$$BM(j, n)(k) = [Y(k) - E(j, n)]^2$$

自乗誤差によるメトリックは、受信信号系列 $\{Y(k)\}$ に重畳する雑音系列が独立な白色ガウス雑音である場合の最尤系列推定に対する最適な尤度の計量を与えることが知られている。復号の実現条件により、絶対値誤差などの他の誤差評価値を用いることもできる。

【0 0 2 4】(2) 状態 $S_i(k-1)$ と $S_j(k-1)$ の各々から、状態 $S_n(k)$ に遷移するパス系列に対して、尤度比較のための累積誤差（パスメトリック） $PM(i, n)(k)$ と $PM(j, n)(k)$ とを計算する。このため、前時刻 $(k-1)$ までの処理によって評価された、状態 $S_i(k-1)$ と $S_j(k-1)$ への生き残りパス $P_i(k-1)$ と $P_j(k-1)$ に対応するパス系列累積誤差（パスメトリック） $M_i(k-1)$ と $M_j(k-1)$ の各々に対して、

(1) で計算された、状態遷移ブランチメトリック $BM(i, n)(k)$ と $BM(j, n)(k)$ を、それぞれ新たに累積する以下のような加算演算を行う。

【0 0 2 5】状態 $S_i(k-1)$ から $S_n(k)$ へのパスメトリック：

$$PM(i, n)(k) = M_i(k-1) + BM(i, n)(k)$$

状態 $S_j(k-1)$ から $S_n(k)$ へのパスメトリック：

$$PM(j, n)(k) = M_j(k-1) + BM(j, n)(k)$$

さらに、この 2 つパス遷移に対するパスメトリック $PM(i, n)(k)$ 、 $PM(j, n)(k)$ の値を大小比較し、尤度比較を行う。各パス系列の累積誤差であるパスメトリックが、より小さな方の遷移パスを、時刻 k の状態 $S_n(k)$ に至る、より確かで尤度の高いパス系列として選択し、他方を棄却する。さらに、比較されたパスメトリック $PM(i, n)(k)$ と $PM(j, n)(k)$ の内、選択されたパス側のパスメトリック値を用いて、状態 $S_n(k)$ に遷移する生き残りパス系列の新たなパスメトリックの値として、 $M_n(k)$ の内容を更新する。

【0 0 2 6】状態 $S_n(k)$ に至る生き残りパスメトリック：

$$M_n(k) = \min[PM(i, n)(k), PM(j, n)(k)]$$

$\min[\cdot]$ は、最小値を選択する演算

(3) 時刻 k の状態 $S_n(k)$ に対する生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ を更新する。 $P_n(k)$ には、現時刻 k から有限時間 D まで以前に遡る生き残りパス上の $(D+1)$ 個の遷移状態の接続情報が時間順序で記憶される。例えば、 $P_n(k) = \{S_n(k), S_i(k-1), S_j(k-2), \sim, S_l(k-D+1), S_m(k-D)\}$ なる記憶内容を参照することによって、時刻 k までの処理で選択された、状態 $S_n(k)$ に至る生き残りパス系列上の状態遷移は、 $S_m(k-D) \rightarrow S_l(k-D+1) \rightarrow S_j(k-2) \rightarrow S_i(k-1) \rightarrow S_n(k)$ の順序で接続し、推移するものであることが示される。(2) によって、時刻 k での状態 $S_n(k)$ への生き残り遷移パスが、 $S_i(k-1)$ からの遷移パスであるか、或

いは、 $S_j(k-1)$ からの遷移パスであるかが選択確定されると、その選択処理により決定された状態 $S_n(k)$ への新たな生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ は、前時刻 $(k-1)$ までの状態 $S_i(k-1)$ と $S_j(k-1)$ に対する生き残りパス系列の履

$$P_n(k) = \{S_n(k), P_i(k-1)\} \quad (S_i(k-1) \text{ からの遷移パス選択のとき})$$

$$= \{S_n(k), P_j(k-1)\} \quad (S_j(k-1) \text{ からの遷移パス選択のとき})$$

上記の更新処理は、選択された状態遷移パスに応じて $P_i(k-1)$ 、または $P_j(k-1)$ を選択し、この時間的な記憶位置を一時刻ずつ過去に移動させて、最も過去の記憶内容

((D+2)番目の要素)をビタビ復号の結果として取り出した後、最新時刻の記憶位置に新たな遷移状態 $S_n(k)$ を追加したものを $P_n(k)$ の記憶内容として、転記する操作を意味する。公知技術において、これは、各時刻毎に記憶内容を順次シフトさせるシフトレジスタのような記憶回路によって一般的に構成され(シフトレジスタ交換法)、また、様々な記憶回路を用いた構成方法が開示されている。さらに、多くの場合、パス系列履歴 $P_k(n)$ への記憶内容としては、選択された遷移状態の情報(状態番号)そのものを記憶する代わりに、選択された遷移状態へのパスブランチに対する送信符号を記憶する。例えば、時刻 k における状態 $S_n(k)$ に対して、状態 $S_i(k-1)$ からの遷移パスが生き残りパスとして選択された場合、これに対する生き残りパス履歴への記録内容としては、状態 $S_i(k-1)$ から $S_n(k)$ へのパスブランチに対応する送信符号 $X(i, n)$ の値を用いることができる。これにより、記憶されたパス履歴情報を参照した場合に、直ちに、生き残りパスが示す送信符号系列 $\{X(n)\}$ を復号符号結果として得ることができる。また、上記(3)の生き残りパス系列履歴情報の更新処理の記述では、状態 $S_n(k)$ に至る生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ 内の時刻 k に対する記憶情報(最新時刻に対するパス履歴情報)は、時刻 $k-1$ からのパス選択の状態によらず、状態 $S_n(k)$ で一定である。したがって、実際に、このパス情報自身は、物理的に格納される必要はなく、この状態 $S_n(k)$ に接続する時刻 $k-1$ 以前の生き残りパス系列履歴情報のみが記憶回路内に物理的に記録されればよい。時刻 k に対するパス履歴記憶情報 $S_n(k)$ は、このパス履歴情報が状態 $S_n(k)$ に至る生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ として記憶されている事実(記憶位置情報)により表すことができ、次時刻 $k+1$ の処理において、この生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ の記憶内容を参照する際に、この時刻 k に対するパス履歴記憶情報 $S_n(k)$ を補って参照すればよい。上述のように、生き残りパス履歴への記録内容として、選択されたパスブランチに対応する送信符号 $X(i, n)$ の値を記憶する場合にも、これは、同様であり、各々の生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ において、状態 $S_n(k)$ へ至るパス遷移であることによって固定される時刻 k から所定時刻以前までの履歴情報(EPR4チャネルの場合は、時刻 k から時刻 $k-2$ までの3ビット送信符号の履歴)は、生き残りパス系列履歴 $P_n(k)$ として記憶されているという記憶位置情報そのも

履歴 $P_i(k-1)$ と $P_j(k-1)$ のうち、選択されたパス側状態の生き残りパス系列履歴を用いて、以下のように更新される。

【0027】状態 $S_n(k)$ に至る生き残りパス系列履歴:

のにより示すことで省略し、参照時にこの情報を補うことで、記憶装置のハードウェア量を節約することができる。

【0028】以上(1)(2)(3)の一連のビタビ復号処理が、各時刻の受信信号値 $Y(k)$ が入力される毎に、繰り返し処理される。これを実施するための具体的構成要素は図11(a)の如く示される。(1)のブランチメトリック $BM(i, n)(k)$ 及び $BM(j, n)(k)$ の計算は、自乗誤差演算回路201により行う。状態 $S_i(k-1)$ 及び $S_j(k-1)$ に対する生き残りパスのパスメトリック $M_i(k-1)$ 及び $M_j(k-1)$ は、メトリック記憶回路202a及び202bに保持されており、メトリック累積加算回路203により(2)におけるパスメトリック $PM(i, n)(k)$ 及び $PM(j, n)(k)$ の計算、比較器204によりこれらパスメトリック値の比較演算を行う。比較結果は選択信号205に出力され、メトリック選択回路206は、この選択信号205に従って、パスメトリック $PM(i, n)(k)$ または $PM(j, n)(k)$ の何れかを選択し、これを用いて、状態 $S_n(k)$ への生き残りパスメトリック $M_n(k)$ を保持するメトリック記憶回路202cの内容を更新記憶する。一方、状態 $S_i(k-1)$ 及び $S_j(k-1)$ に至る生き残りパス履歴 $P_i(k-1)$ および $P_j(k-1)$ は、パス履歴記憶回路207a及び207bに記憶されており、(3)における状態 $S_n(k)$ への生き残りパス履歴 $P_n(k)$ の内容更新処理は、選択信号205により指示されたパス履歴記憶回路207aまたは207bの内容のいずれかをパス履歴選択回路208により選択して参照し、この内容の記憶位置を一時刻分シフトさせて、 $P_n(k)$ を保持するパス履歴記憶回路207cの内容として新たに更新記憶する。このとき、パス履歴記憶回路207aまたは207bの末尾の記憶位置から選択された生き残りパス履歴情報が、復号結果(復号符号系列 $Z(k)$ 109)として出力される。

【0029】実際のビタビ復号では、最尤系列推定の対象となるトレリス線図の全ての状態に対して、各時刻の受信信号 $Y(k)$ に対する上記(1)～(3)の処理が、それぞれ独立に行なわれる必要がある。従って、実際のビタビ復号器の実施構成では、図11(a)に示した状態 $S_n(k)$ に対する処理の実施構成要素を、同一構成において状態数分だけ並列に設ける。例えば、図10(d)のトレリス線図に対しては、図11(b)のビタビ・アルゴリズムによる最尤復号器の構成に示すように、8つの状態 $S_0(k) \sim S_7(k)$ の各々に対して割り当てた図11

(a)の実施構成要素を、計8系列並列にして設ける。このとき、生き残りパスメトリック $M_0(k) \sim M_7(k)$ を記憶

するメトリック記憶回路 202a~202h、および、生き残りパス系列履歴 $P0(k) \sim P7(k)$ を記憶するパス履歴記憶回路 207a~207h は、各々の状態 $S0(k) \sim S7(k)$ に対して、それぞれ 1 つずつ割り当てられ、これらの参照先は、各状態のトレリス線図上の次段接続状態に従って複数箇所に接続される。例えば、状態 $Si(k)$ と状態 $Sj(k+1)$ ($i, j=0, 1, \sim 7$) との間にトレリス線図のパス接続関係が存在するならば、状態 $Si(k)$ に割り当てられたメトリック記憶回路 202 の参照先の一つは、状態 $Sj(k)$ に割り当てられたメトリック累積加算器 203 のうち、ブランチメトリック $BM(i, j)(k)$ との加算を行うものの他方入力となり、また、状態 $Si(k)$ に割り当てられたパス履歴記憶回路 207 の参照先の 1 つは、状態 $Sj(k)$ に割り当てられたパス履歴選択回路 208 の入力となる。また、実際のトレリス線図上の受信信号期待値 $E(i, j)$ の値は、いくつかのパスブランチで共通であることが多いため、このブランチメトリックに対して演算を行う自乗誤差演算回路 201 も共通化されて、該当する複数のメトリック累積加算器 203 に入力される構成が实际的に用いられることが多い。以上、図 11 (b) にまとめられるように、ビタビ復号器構成は、受信信号 $Y(k)$ を入力して (1) 処理を行うブランチメトリック演算部 (BMU) 200a、このブランチメトリック出力を用いて (2) 処理を実行し、各状態への生き残りパスを選択するパスメトリック比較選択部 (ACS 演算部) 200b、さらに、この選択出力を受けて、(3) 処理による生き残りパス履歴を記憶更新を行い、復号結果を絞り込み決定するパスメモリ部 (PMU) 200c に大別される。以上が、ビタビ・アルゴリズムによる最尤シーケンス復号処理の実施方法および構成方法である。

【0030】次に、本発明の実施の原理を明らかにするため、図 10 (d) の該 EPR4 チャンネル上におけるトレリス線図上の状態遷移例を図 12 に示し、これを用いて、上述の従来ビタビの復号処理における生き残りパス選択から復号結果の確定までの過程を説明する。上述の従来ビタビ復号の実施方法及び構成方法により、各時刻における受信 (復号入力) 信号系列 $\{Y(k)\}$ 107 を用いて、トレリス線図上の各時刻・各状態への状態遷移パス (パスブランチ) 112a は、常に一本ずつに選択される。こうして、生き残りパス系列 113 の選択が繰り返して進められることにより、各時刻に生き残ったパス系列は、さらに次第に絞りこまれる。例えば、図 12 における生き残りパス系列 113 の履歴が示すように、時刻 k において各状態へ選択された、各状態への 8 つの生き残りパス系列は、その後のパス選択により、次第に棄却され、最終的に時刻 $(k+10)$ での選択処理の終了時に、連接する生き残りパス系列 (太線矢印系列) は一本に収束する、このとき、時刻 $(k-1) \sim (k+8)$ までの収束した生き残りパス系列が確定最尤パス系列 114 としてが決定され、これにより、時刻 k における復号符号 $Z(k)$

は、確定最尤パス系列 114 上に生き残る唯一の状態遷移パス (パスブランチ) 112b に割り当てられる送信符号 $X(i, j)$ を参照することで決定される。この生き残りパス系列の絞り込み操作 (パス棄却) は、前述の復号処理 (3) において、選択されたパス履歴 $Pj(k-1)$ または $Pj(k-1)$ の内容を一時刻ずつ過去に移動させながら、新たな $Pk(n)$ の記憶内容として、転記する操作に他ならない。そして、図 11 (b) において、生き残りパス系列履歴 $P0(k) \sim P7(k)$ を記憶するパス履歴記憶回路 207a~207h が十分な記憶長さを有するならば、このパス履歴記憶回路の選択参照と転記を繰り返すことによって、各記憶回路 207a~207h の末尾の記憶位置 (最も過去の時刻のパスブランチ選択履歴) の内容は、全て同一の記憶内容に収束一致し、この内容の何れかを参照して復号結果とすることができる。以上のように、最尤シーケンス復号における最尤パス確定の操作は、各時刻において、確定最尤パス系列 114 上の各状態に至る生き残りパス候補の棄却・選択を繰り返すことによって行われる。最終的に収束し、復号結果として得られる確定最尤パス系列 114 は、このパス系列上の全時刻での状態遷移パス選択において、より高い尤度を有し、棄却されることなく唯一残った生き残りパス系列である。

【0031】本発明は、ここまでに示した、従来の最尤シーケンス復号処理における復号誤り事象を効率よく改善し、簡便にして、かつ、より高い信頼性をもたらすために、誤り検出訂正符号化技術を効果的に活用した復号処理方法による情報記録再生方法および情報記録再生装置を実現する手段を提供することを目的とする。図 13 (a) の第 2 のトレリス遷移図例は、図 12 と同様、2 進符号送信系列 EPR4 伝送路チャネルにおける生き残りパス系列 113 の例を示しており、最尤復号処理過程において、雑音などの不確定性により生ずる復号誤りパス系列と正規パス系列との関係を説明するためのものである。この図において、状態遷移系列 $S6(k-1) \rightarrow S5(k) \rightarrow S3(k+1) \rightarrow S6(k+2) \rightarrow S4(k+3) \rightarrow S0(k+4) \rightarrow S0(k+5) \rightarrow S1(k+6) \rightarrow S3(k+7)$ のパス遷移で表される正規パス系列 115 に対して、復号誤り事象 (復号誤り系列) を含む確定最尤パス系列 114 が、状態遷移系列 $S6(k-1) \rightarrow S5(k) \rightarrow S3(k+1) \rightarrow S6(k+2) \rightarrow S5(k+3) \rightarrow S2(k+4) \rightarrow S4(k+5) \rightarrow S1(k+6) \rightarrow S3(k+7)$ のパス遷移で確定されたとき、この復号誤り事象 (復号誤り系列) は、確定最尤パス系列 114 上、時刻 $(k+6)$ の状態 $S1(k+6)$ に流入する 2 つの生き残りパスブランチ候補に対して、誤りパス選択 117 が生ずることにより起こったものである。即ち、正規パス系列 117 上の時刻 $(k+2)$ における状態 $S6(k+2)$ から派生分岐し、時刻 $(k+6)$ の状態 $S1(k+6)$ に流入する 2 本の生き残りパスブランチ候補の間において比較選択を誤ることによって、該生き残りパスブランチ候補の一方である正規パス系列 115 上の部分パス系列 $S6(k+2) \rightarrow S4(k+3) \rightarrow S0(k+4) \rightarrow S0(k+5) \rightarrow S1(k+6)$ (太点線矢印パス系列) が、該

生き残りパスブランチ候補の他方のパス系列 $S6(k+2) \rightarrow S5(k+3) \rightarrow S2(k+4) \rightarrow S4(k+5) \rightarrow S1(k+6)$ によって置き換えられて、復号誤りが符号シーケンスの誤りとして発生したものである。復号回路における処理としては、時刻 $(k+6)$ での状態 $S1(k+6)$ に対する前述の復号処理(2)において、生き残りパスメトリック $PM(0,1)(k+6)$ と $PM(4,1)(k+6)$ の大小判定:

$$M1(k) = \min[PM(0,1)(k+6), PM(4,1)(k+6)]$$

を誤ることによって、 $PM(0,1)(k+6)$ の代わりに $PM(4,1)(k+6)$ が選択される。これにより、状態遷移 $S0(k+5) \rightarrow S1(k+6)$ の側の生き残りパス系列の代わりに状態遷移 $S4(k+5) \rightarrow S1(k+6)$ の側の生き残りパス系列が選択判定され、生き残りパス系列履歴を更新記憶する復号処理(3)において、

$$P1(k+6) = \{S1(k+6), P4(k+5)\}$$

なるパス履歴置換処理が実行されることにより、シーケンス誤りが生ずる。これにより、時刻 $(k+5)$ 状態 $S0(k+5)$ までの正規パス系列115を有する生き残りパス系列履歴 $P0(k+5)$ の内容が棄却され、誤りパス系列116を有する生き残りパス系列履歴 $P4(k+5)$ の内容が、生き残りパス系列として選択され、更新されたパス履歴記憶回路に残存する。雑音状況下において、この生き残りパスブランチ候補の選択誤りは、確定最尤パス系列114上の各状態において、一様の確率頻度で発生するものではなく、各状態に流入する当該2つの生き残りパス系列候補が有する受信信号期待値の差の累積総和(信号系列間距離、あるいは、パスメトリック差)が小さいほど、最尤復号処理(2)における比較演算処理の誤りの可能性と頻度は高まる。即ち、2つの生き残りパス系列間のパスメトリック尤度の比較・選択において、パスメトリック間の識別差(尤度差)の期待値が小さく、雑音に対する比較判定の識別余裕が狭まるほど、上述のランダム雑音による復号誤り事象は、より発生しやすくなる。図13

(a)の正規パス系列115及び誤りパス系列116の受信信号系列の期待値は、時刻 $(k+3)$ から時刻 $(k+6)$ までの4ビット時刻において、各々 $\{-4, -2, 0, +2\}$ 及び $\{-2, 0, -2, 0\}$ の識別の差を生じることから、その自乗誤差の累積総和(信号系列間距離)は、16となる。この自乗誤差の累積総和16は、2進符号送信系列EPR4伝送路チャネル上での全ての受信信号系列間で保証される最小の自乗誤差累積量(最小自乗ユークリッド距離、最小自由距離)に等しい。また、雑音下における伝送チャネルの復号信頼度(復号誤り率)を決定するのは、主にこのような最小自乗ユークリッド距離を有する送信符号系列間での誤り事象によるものであることは、伝送・通信理論上よく知られる事実である。図13(a)の例では、状態 $S1(k+6)$ におけるこのパスメトリック尤度の比較・選択の誤りによって、生き残りパス履歴 $P1(k+6)$ における時刻 $(k+3)$ から $(k+6)$ までの4ビットの内容が、誤りパス系列116の内容で置換され、誤り系列事象が発

生ずる。

【0032】以上の説明による誤り事象の発生過程から、最尤シーケンス復号における復号誤り事象の性質は、以下の如くにまとめられる。

【0033】(a)最尤シーケンス復号における復号誤り事象は、誤りパス系列の置換によって生ずるため、複数ビットの符号誤りを同時に含み得るシーケンス状の誤り事象が発生する。これにより、単一の復号誤り事象では、復号符号系列上に、部分的に複数の符号誤りが局在・集中するバースト的な符号誤り(局所的な誤り波及)が頻発する。このため、雑音状況下でのランダム復号誤りにおける誤り符号は、復号符号系列上、単一符号誤りがランダムに分布するのではなく、複数誤り符号が局在したバースト誤り事象(即ち、部分符号系列状の誤り事象)がランダムに分散する形態で発生する。

【0034】(b)シーケンス状、バースト的に発生する符号誤りのパターン、即ち、誤り符号パターン系列(符号誤りシンδροーム)は、これに対応する誤りパス系列と正規パス系列の受信信号系列間距離(ユークリッド距離)に依存して、発生確率が異なる。したがって、最尤シーケンス復号における誤り事象は、ある特定の誤り符号パターン系列(符号誤りシンδροーム)に発生頻度が偏り、受信信号系列間で最小自乗ユークリッド距離を有する符号系列の間において誤り事象が高頻度で発生する。

【0035】本発明では、この最尤シーケンス復号における復号誤り事象の2つの基本的性質を利用し、これによる符号誤りを誤り符号検出訂正技術を用いて、効率よく改善する方法を提供する。従来、最尤シーケンス復号に対する誤り符号検出訂正技術においては、(a)によるバースト的な誤り事象の発生(誤り波及)が誤り符号検出訂正能力の低下を招き、これらを所定の確率で完全に検出訂正するため、比較的高い訂正能力を有する複雑な誤り符号検出訂正符号化の方法が用いられた。また、符号系列の交錯(インターリーブ)などのランダム化手法によりバースト的な長い連続誤り事象を、複数符号系列上のランダムな単一誤り事象に分割し、その各々を独立の誤り符号検出訂正符号化により検出訂正することにより、比較的簡略な誤り符号検出訂正符号化の方法を並列に用いて、実用的な誤り検出訂正を実現していた。本発明では、(a)のようなバースト的な復号誤り事象発生の性質を、従来のように打ち消すのではなく、これを誤り符号発生位置に関する極めて高い相関情報とみなして積極的に活用することで、従来より効率的な復号誤りの検出訂正を実現する。一般に、誤り訂正符号化は、対象となる符号誤り事象に関する情報を予め知り得た上で符号構成や復号されることにより、訂正能力を向上させる、冗長度をおさえる、あるいは、訂正処理を簡略化することが可能になる。本発明では、最尤復号方法に誤り訂正符号化・復号手段を接続させることによって、該

最尤復号方法における復号誤り事象の特性を、誤り訂正符号化・復号に積極的活用し、低冗長度の誤り訂正符号化を用いて、効率よく復号信頼性を改善する。

【0036】そのため、バースト的、シーケンス状の復号誤り事象の中から、各々の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）に着目し、さらに、この誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の中から、受信信号系列間距離の大小に依存して決まる発生頻度により誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を、高い発生頻度のものから順序付けし、上位のものから検出訂正処理を行うべき誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を決定する。このようにして、高発生頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の誤り事象に限定して着目し、高い発生頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）事象から優先的に、これを検出訂正する誤り符号検出訂正符号化を施すことにより、簡便にしてかつ低冗長度の誤り符号検出訂正符号化を用いて、所望の復号信頼度の改善を効率良く実施し、あるいは、従来より高い復号信頼性の誤り符号検出訂正符号化技術が実現できる。これにより、高密度かつ高信頼度の情報記録再生方法および情報記録再生装置が実現可能となる。

【0037】以上のように、本発明を実施する上では、最尤シーケンス復号における高発生頻度を有する特定の誤り事象の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を予め限定して設定し、この誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の誤り事象を所定の個数まで検出訂正できる誤り符号検出訂正符号の符号化および復号処理を、送信符号系列および復号符号系列に対して施す。この高発生頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）は、生き残りパス履歴においてパス選択誤りによる正規パス系列と誤りパス系列の内容の置換により生起する過程から、前述のように、最尤シーケンス復号におけるパス系列選択誤りが、正規パス系列と誤りパス系列の受信信号系列間の信号系列間距離（ユークリッド距離）に依存した生起確率で発生することを利用して、簡易に推定できる。すなわち、変調処理や意図的な符号処理により、送信符号系列に付加された拘束条件と最尤シーケンス復号処理の対象トレリス遷移図とによって、受信信号系列間の距離構造が予め規定されたならば、多くの場合、最小自乗ユークリッド距離から、順次、大きな自乗ユークリッド距離を有する限定した信号系列の対に着目する、あるいは、最小自乗ユークリッド距離から、これに準ずる小さな自乗ユークリッド距離を有する限定した信号系列の対に着目することにより、この系列間の選択誤りにより生ずる発生頻度の高い誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を予め限定し予測することが可能である。そして、この発生頻度の高い誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の事象から、順次、誤り検出訂正符号化技術により誤り事象

を改善することによって、次善に良い復号誤り率（信頼度）を効率良く得ることができる。図10(c)の例に示されたように、最尤シーケンス復号が適用され、設計されるという事実のもとでは、対象となる情報伝送・記録再生系チャネルは、常に特定のマルコフ状態遷移図により一意に規定され、モデル化される。したがって、上記のように、受信信号系列間のユークリッド距離構造に着目し、探索的・解析的な手法により高発生頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を限定・予測することが可能である。また、受信信号系列間の自乗ユークリッド距離による、この誤り符号パターン系列

（符号誤りシンδροーム）の推定は、受信信号系列上の雑音要因が加法的白色ガウス雑音とみなされる場合、最も有効であるが、有色性雑音など、これ以外の性質に従う雑音要因の場合も、同種の推定手法を拡張し、規定されたマルコフ状態遷移図上での信号系列間距離構造の確率的変動を評価することにより、これにおいて高頻度で発生する誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を限定・予測することが可能である。これについては、既知の伝送・通信理論において説明される手法であり、本発明の範疇を超えるものであるため、ここでは触れない。また、実際の最尤シーケンス復号では、特定の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）に対する誤り事象発生頻度の偏りは、極めて顕著であることが多いため、本発明の実施前に最尤シーケンス復号処理を実際あるいは模擬的な手法により、試行的に実施し、その復号符号系列を正規の送信符号系列と照合することにより、実際の統計的頻度から高頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）を決定することも有効である。このとき、復号符号系列上の個々の符号誤り事象の分離・区別は、隣接する誤り符号間の正規符号の数が、対象チャネルのチャネルメモリ長整数 n （EPR4チャネルの場合 $n=3$ ）以上、即ち、対象チャネルのマルコフ状態遷移図の状態を規定するビット数以上であるか否かで判断される。2つの誤り符号間にチャネルメモリ長以上の個数の正規符号が存在すれば、この2つの誤り符号は、異なるパス誤り事象によるものであるし、そうでなければ、同一のシーケンス誤り（パス誤り事象）とみなされる。このようにして得られる誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の実際の統計的情報を利用することにより、事前に最適な誤り符号検出訂正手段を設計する、動的・可変に誤り符号検出訂正手段の構造を変更する、あるいは、複数の誤り符号検出訂正手段の中から、最適なものを選択するなどして、復号信頼性を最適に改善し、維持することもできる。

【0038】以上の方法で、誤り符号検出訂正手段に対して決定される高頻度の誤り符号パターン系列（符号誤りシンδροーム）の例を以下に示す。図13(a)の生き残りパス系列113において、正規パス系列115と誤りパス系列116は、パス系列上および受信（復号入

力) 信号系列107上、時刻(k+3)~時刻(k+6)の4ビット時刻間で異なる系列をとる。先に述べたように、この2つの系列対は、このトレリス遷移図上で最小自乗ユークリッド距離を有する信号系列対であり、この系列間での誤り事象は、最頻の復号誤り事象、最もしばしば発生する復号の誤り符号パターン系列(符号誤りシンδροーム)の一つである。すなわち、送信符号系列、あるいは、復号符号系列109上において、これら正規パス系列115と誤りパス系列116は、時刻(k+3)において1ビットのみ反転相異なる符号系列を互いに有し、この2つの符号系列間の差系列を復号誤りパターン系列119と定義して誤り事象、すなわち、誤り符号パターン系列(誤りシンδροーム)を記述すると、1ビット復号誤りパターン121aの如く表すことができる。ここで、復号誤りパターン系列119において、0は符号誤りなし、+1は符号“1”を“0”に誤るビット位置、-1は符号“0”を“1”に誤るビット位置を各々示す。即ち、2進符号系列上では、復号誤りパターン系列上の非ゼロ位置が誤り発生箇所の意味を持ち、反転ビット誤りの符号位置を示すポインタとなる。また、非ゼロ極性が同符号である符号位置同士では、互いに同方向の符号誤りが生じ、異符号である符号位置同士では、互いに反対方向の符号誤りが生ずることが示される。このような、復号誤りパターン系列119の表現では、指示される誤り符号の位置において、誤り符号に対する正規符号、または、誤り符号の差異が互いに区別できることになる。生き残りパス系列上113では、同時刻において、異なる送信(復号)符号を示す2本のパスに分岐した後、同送信(復号)符号系列を示す3ビット長の異なるパス系列を経て、同一の状態S1(k+6)に合流する。これは、過去3ビット符号履歴によりチャネル状態が決定されるトレリス線図の定義から自明であり、これが最小自乗ユークリッド距離を有するパス系列対の一つの形態となる。以上のように、2進送信符号によるEPR4伝送系チャネルにおいては、4ビット長の誤りパス系列の置換が、いずれのトレリス線図状態からも高い頻度で生じ、パス選択誤り事象発生ビット時刻(図13(a)の誤りパス系列例では、時刻(k+6)の誤りパス選択検出位置122)を基準として、相対的に3ビット前の復号位置(図13(a)の誤りパス系列例では、時刻(k+3)の位置)の正規符号が1ビット反転誤りを起こす誤りシンδροームの誤り事象が、すなわち、1ビット復号誤りパターン121aを有する誤り事象が、発生頻度の高い誤りパターン系列の一つであると事前に予測できる。一般に、該復号誤りパターンにおいて、誤りビット位置の各符号は、各符号間の複号同順を保って、プラスマイナス両符号をとるため、誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)としては、各符号の符号を反転させた二組のものが考えられる。本明細書では、一方の記述により、両者を代表させるものとする。

【0039】また、図13(b)は、図13(a)と同様の2進送信符号によるEPR4伝送系チャネル上の最尤シーケンス検出における正規パス系列115と誤りパス系列116の關係の別の具体例を示したものである。本具体例における誤りパス系列116の発生は、確定最尤パス系列114上の時刻(k+5)の状態S3(k+5)に対する生き残りパス選択処理において、誤りパス選択117が発生したことによるもので、時刻kから時刻(k+5)までの6ビット長のシーケンス誤りとして生ずる。受信(復号入力)信号系列107上の正規パス系列115と誤りパス系列116は、最小自乗ユークリッド距離16をとり、図13(a)における誤り事象と同様に、高い発生頻度で生ずる誤り事象の一つとみなすことができる。この正規パス系列115と誤りパス系列116の關係を復号符号系列109上で比較すると、復号誤りパターン系列119としては、誤り事象発生ビット時刻である時刻(k+5)の誤りパス選択検出位置122を基準として、図13(a)同様に相対的に3ビット前の時刻(k+2)の復号位置までの連続3ビット符号位置(時刻k~(k+2))の正規符号が反転誤りを起こす誤りシンδροームの復号誤り事象とみることができ、このような、3ビット復号誤りパターン121bを、該チャネルの頻出復号誤り事象と事前に予測することができる。

【0040】上記図13(a)の1ビット復号誤りパターン121aの復号誤り事象は、対象となるトレリス遷移図上のいずれの状態からも生起し、送信符号系列に依存せず、トレリス遷移図の構造のみで決定される確率的発生頻度の高い復号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の一つである。一方で、2進送信符号によるEPR4伝送系チャネルでは、特定の送信符号系列に依存し、最小自乗ユークリッド距離をとる信号系列対が存在する。図13(b)は、この例として、3ビット復号誤りパターン121bを示している。このような符号誤りパターンは、送信符号系列上の符号ビットが交互に3ビット以上連続反転するような“…01010…”あるいは“…10101…”なる送信符号系列が、該伝送路チャネルを伝送される場合である。この2つの送信(受信)符号系列のいずれか一方が伝送された場合、送信符号ビットの交互反転が繰り返される符号列部分において、最終ビット位置からnビット前(nは2以上の整数)までの連続符号ビットが全て反転する復号誤りパターンが高い頻度で発生しうる。例えば、送信符号系列“…0010000…”が伝送されるとき、“010”の3ビット符号列部分が上記の符号パターンに合致し、この符号列の当該各ビットを反転させた“…0101000…”が最小ユークリッド距離をとる信号系列対となる。すなわち、復号誤りパターン系列119は、“…0-1+1-1000…”となり、3ビットの連続反転誤りを起こす符号誤りシンδροームの誤りパターン系列(3ビット復号誤りパターン121b)となる。また、送信

符号系列“…001010000…”が伝送されるとき、“01010”の5ビット符号列部分が上記の符号パターンに合致し、この符号列の後ろから3ビット ($n=2$ のとき)、4ビット ($n=3$ のとき)、5ビット ($n=4$ のとき)の当該各ビットを反転させた“…0011010000…”、“…0001010000…”、“…0101010000…”の3つの系列が最小ユークリッド距離をとる信号系列対となり、いずれも、発生確率の最も高い復号誤り符号系列となる。すなわち、復号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)は、“…000-1+1-1000…”、“…00+1-1+1-1000…”、“…0-1+1-1+1-1000…”となり、3～5ビットの連続交互の反転誤りを起こす符号誤りシンδροームの符号誤りパターン(3～5ビット符号誤りパターン系列)となる。このように、伝送される送信符号列が連続符号反転パターンを有するとき、その部分列が連続反転ビット誤りとなる誤りパターン事象もまた、最小ユークリッド距離の関係から、1ビット復号誤りパターン121aと同等に確率的発生頻度の高い復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)となりえる。また、逆に、複数ビットの誤り符号位置からなる復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)が仮定されると、この復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)を有する誤り事象の発生個所は、送信符号系列あるいは、復号された復号符号系列を参照することによって、限定されることになる。すなわち、復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)において、符号誤り位置をしめす非ゼロ位置の極性符号は、各符号位置の誤り事象における符号誤りの方向(符号“1”を“0”に誤るか、符号“0”を“1”に誤るかの2つの方向)の相対的關係を規定することから、これにより、当該の復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の誤り事象が起こり得るか否かは、送信符号系列あるいは、復号された復号符号系列を参照することによって判断される。たとえば、上記の3ビットの連続交互の反転誤りを起こす符号誤りシンδροーム“…0-1+1-10…”の誤り事象は、連続3ビットの符号誤りが隣接ビット位置で常に異なる方向に符号誤りを示すということから、送信符号系列上“…010…”あるいは、“…101…”の部分符号列においてのみ生ずることが自明である。一方、復号符号系列上においても、符号誤りシンδροーム“…0-1+1-10…”の誤り事象は“…010…”または、“…101…”以外の3ビット部分符号列の個所においては発生しえないことも復号符号系列のみを参照することで判断可能である。この事実を用いて、特定の復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の誤り事象に対し、誤り符号検出訂正のための符号化を送信符号系列に施す場合、あるいは、この誤り符号検出訂正符号による誤り符号検出訂正処理を復号符号系列に施す場合に、処理対象となる送信符号系列あるいは復号符号系列の符

号系列パターンを参照することによって、符号化あるいは訂正処理の対象とする送信・復号符号系列の範囲を限定することができ、これを誤り符号検出訂正符号化や訂正処理の簡略化および訂正効率・性能の向上に役立てることができる。また、上記のように、符号誤りシンδροームが n ビットの非ゼロ符号位置を有するとき、各符号位置での符号誤りの方向が規定され、該誤り事象が発生しうる送信符号系列上の符号個所が限定されることから、ランダム符号系列上での発生確率は、1ビット符号誤りに対して、約 $1/2^{(n-1)}$ に減少することになる。

さらに、変調処理により送信符号系列が、所定の拘束条件を有する場合には、これを加味して、より正確な発生確率が予測される。このような、特定の送信符号系列パターンの出現頻度確率を考慮して、各々の復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の誤り事象発生確率は、より正確に予測され、最頻の復号符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)を設定することが可能となる。

【0041】以上のように、高頻度の復号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の設定は、対象となる伝送チャネル特性や、符号化・変調処理等により送信符号系列に付加される拘束条件によって異なる。前述の磁気記録再生系チャネル等に用いられる2進送信符号系列EPR4チャネルを含め、一般に、パーシャルレスポンス特性多項式 $G(D)=(1-D)(1+D)F(D)$ ($F(D)$ は、任意の特性多項式)は、しばしば、多くの実用に具せられる伝送チャネルの形態である。この形態の伝送チャネルは、伝送される2進送信符号系列の周波数成分の内、直流成分

(同符号の連続系列)と最高記録周波数、すなわち符号伝送周波数成分の $1/2$ の周波数成分(連続反転符号系列)に対して零応答を示す伝送特性上の特徴を有し、上述のEPR4伝送チャネルの例に代表して示されるように、その共通したチャネル状態遷移の構造から、受信信号系列間の最小自乗ユークリッド距離を規定する最頻の復号誤りパターン系列は、1ビット以上の連続反転符号誤り系列である点、かつ、該チャネルを伝送される送信符号系列上の連続反転符号系列の部分に対し、この連続反転符号誤りが最頻の確率で発生する点が共通した特徴となる。したがって、所定の長さまでの連続反転符号誤り系列(隣接誤り符号同士が互いに異符号)を訂正処理できる誤り符号検出訂正符号化の手段を、送信符号系列に施すことにより、本発明は、該伝送チャネルに対して効果的に実施される。一方、送信符号系列上の連続反転符号系列の最大符号長を、符号化変調処理によるランゲス制限等の拘束条件の付加によって、一定符号長以下に制限することにより、この符号長を超える最頻の連続反転符号誤り系列の事象発生を回避することができる。したがって、送信符号系列に対して、このような連続反転符号系列の最大長を制限する符号化変調処理を予め施すことで、連続反転符号誤り系列の発生符号長の

上限を規定し、さらに、この制限された連続反転符号系列の最大長さ以下の連続反転符号誤り系列の誤り事象を対象として、検出・訂正を行う誤り符号検出訂正符号化を施すことによって、高頻度の誤り事象を、より完全かつ効果的に検出・訂正し、誤り符号検出訂正符号の構成を簡素化することができる。このように、予測・限定された複数の高発生頻度の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の誤り事象のうち、一部の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）事象の発生は、符号化変調処理を用いて、送信符号系列に対し、この復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の生じうる特定の送信符号系列パターンの出現を排除・禁止することにより回避し、また、その他の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）事象の発生は、送信符号系列に対し、この特定の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）に対する誤り符号検出訂正符号化を施し、これを検出訂正することで回避することができ、符号化変調処理と誤り符号検出訂正処理を相補的に用いることで、本発明は、より効果的に実施される。この場合、上述のように、比較的長い符号長の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の誤り事象は、符号化変調処理によって回避し、比較的短い復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の誤り事象は、誤り検出訂正符号化により訂正されることが適切であり、符号化変調処理にとっては、比較的長い特定送信符号系列パターンの出現を制限することが、符号上の制約や拘束条件を緩和する上で望ましい。また、誤り検出訂正符号化にとっては、比較的短い特定復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）を検出訂正するよう構成することが望ましく、このような実施形態が、符号化変調と誤り検出訂正符号化の互いの構成を簡素化し、両者による送信符号系列に対する符号冗長度の増加を抑える上で好適となる。

【0042】また、同類の手法として、符号化変調処理により、最頻の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）が生じうる特定の送信符号系列パターンの発生を、実際の送信符号系列上で、時変あるいは周期的に許容または排除するよう拘束条件を付加することも可能である。この場合、特定の送信符号系列パターンが許容される送信符号系列上の時相の符号に対してのみ、該復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の検出訂正を行う誤り符号検出訂正符号化を施し、訂正処理においても、復号符号系列上、これと同期した特定の時相の復号符号のみを対象として、誤り符号検出訂正処理を行うことができる。例えば、図13（b）に示した3ビット復号誤りパターン121bの復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）の検出訂正を対象とする場合、符号化変調処理により、送信符号系列上、3ビット符号誤りパターンの事象が発生しうる“010…”あるいは、“101…”の符号パターンの出現（符号パタ

ーン開始ビット）を、 n ビット周期（ n は、自然数）でのみ許容する。（具体的には、送信符号系列上、2回連続符号反転の生起の開始を n ビット周期でのみ許容する。）これにより、送信符号系列上、上記と同様の n ビット周期のビット位置から開始する3ビットの連続符号誤りのみを検出・訂正するよう、誤り訂正位置の対象を絞って誤り符号検出訂正符号を構成することができ、復号符号系列上も訂正処理の対象を上記 n ビット周期に同期した周期的符号位置に限定して行うことができる。このように、送信符号系列上、周期的に、誤りが生じ易い特定符号パターンの出現を許すことによって、この符号パターンの出現を完全に制限し禁止する場合に比べ、符号化変調処理への制約を緩和して、変調処理による符号冗長度の増加を抑えることができる。また、誤り検出訂正処理は、符号系列上、周期的に施せばよいことから、誤り検出訂正符号を簡素化し、送信符号系列に対する冗長度を、相対的に低く抑えることにつながる。

【0043】これまでの説明では、送信符号系列100がそのままの形態でチャネル伝送され、最尤シーケンス復号器から出力される復号符号系列もまた、送信符号系列に等しい符号系列に復号出力されるものとして記述されたが、様々な実施形態の伝送チャネルにおいては、伝送チャネル入力前、あるいは、最尤シーケンス復号器内あるいは出力直後の復号系列に対し、プリコード処理、あるいは、ポストコード処理を始めとする様々な符号変換処理・信号処理操作が施される場合が多い。この場合、符号誤りパターン系列（誤りシンδροーム）の誤り符号位置は、復号系列上の誤りシーケンスに対して、情報符号と同様の該符号変換処理・信号処理操作により、処理符号位置を写像変換することによって求めることができる。例えば、チャネル上の伝送符号系列に対して、ポストコード処理（ $1+D \cdot D$ ）（2進符号に対し、 $+$ は2を法とする加算）を施した系列を復号符号系列として出力する場合、伝送符号系列に対して有意な符号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）“ $\cdots 0+1-1+1-1+100 \cdots$ ”は、同様のポストコード処理を施し、“ $\cdots 0+1-1000-1+1 \cdots$ ”なる変換をして、これを復号符号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）として誤り訂正符号化を施せばよい。情報伝送系における符号変換処理は、符号再現性を保証するから、変換の前後において、符号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）や符号系列位置の一対一対応は可能である。従って、伝送符号系列に対する上記実施例処理と等価な処理を、様々な符号処理を施された復号符号系列の上で実行することが可能である。

【0044】本発明では、上記の実施例のような最尤シーケンス復号に対する誤り符号検出訂正処理を、簡易に、かつ、より効率よく行うため、復号符号系列を所定の符号長の復号符号系列ブロックの単位に分割して、各復号符号系列ブロック内での誤り符号検出訂正を対象と

する処理を実施する。これは、前記(a)に述べた雑音状況下でのランダム復号誤り事象の性質に基づくものであり、各々の符号誤り事象を、シーケンス(バースト)誤り事象と見た場合、個々の誤り事象は、復号符号系列上にランダムに分散して発生するとみなされることによる。このようにして、本発明では、雑音要素に起因するランダム復号誤り事象が、ある符号箇所集中して発生する確率は、極めて希となることに着目し、実用的な復号誤り確率を達成する上で十分となるよう、所定の符号長の復号符号系列ブロックを設定して、この復号符号系列ブロック内で検出訂正処理できる復号誤り事象の数に制限を与える。これによって、送信符号系列上に付加する誤り検出訂正符号の構成を比較的簡易なものとし、誤り検出訂正符号列の符号長(冗長性)を低く抑えて、復号誤り率の実用的な改善を果たすことができる。本発明では、最尤シーケンス復号から連続出力される一連の復号符号系列に対して、この復号符号系列ブロック単位での誤り検出訂正処理が可能となるように、予め誤り検出訂正符号化を施す。すなわち、記録・伝送前の送信符号系列、あるいは、チャネルに供給される伝送(記録)符号系列を、該復号符号系列ブロックに対応する送信または伝送(記録)符号系列ブロックの単位に分割し、各々の送信または伝送(記録)符号系列ブロックに対し、前記の実施例で述べたような限定された特定符号誤りシンδροームの誤り事象を、限定された所定個数まで訂正処理できるよう誤り訂正符号化を施して、訂正処理のための冗長検査符号系列を生成する。そして、これを当該の送信または伝送(記録)符号系列ブロックに対応させて、送信符号系列上に挿入・付加するなどして伝送・記録する。例えば、最尤シーケンス復号の出力における誤り確率が $1.0E-3$ であるならば、復号符号系列ブロック長を逆数オーダーの1000ビット程度とすることで、この中に発生する復号誤り事象の数を平均的に1個程度とすることができる。したがって、伝送(記録)符号系列ブロック長を、これに対応する復号符号系列ブロックが1000ビット以下となるように設定し、各伝送(記録)符号系列ブロックに特定の誤り事象を検出し得る誤り検出訂正符号化を施して、生成される誤り検出訂正の冗長検査符号列(誤り訂正符号系列)を付加することによって、誤り事象の救済と復号誤り率の改善を実施することができる。また、複数の復号符号系列ブロックにまたがる特定符号誤りシンδροームの誤り事象を訂正する場合には、誤り訂正符号化において設定される所定の符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)として、特定される高頻度の符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の部分系列をこれに含めて設定する。

【0045】一般に、ある復号誤り率の復号系のもと、伝送(記録)符号系列ブロック長を大に設定するほど、付加する誤り訂正符号の検出訂正能力を高めるため、冗長検査符号列(誤り訂正符号系列)の符号長を大とする

必要があり、伝送(記録)符号系列ブロック長および冗長検査符号列(誤り訂正符号系列)の構成と長さは、実施形態により各々最適な長さが選択される。本発明において、伝送(記録)符号系列ブロックに対して構成される誤り検出訂正符号化および訂正処理は、巡回冗長符号(CRC: Cycle Redundancy Check)等、公知の誤り検出符号・誤り訂正符号の構成技術により、容易に構成することができる。したがって、特定の符号誤りパターンと訂正個数能力とに対し、低冗長度を有する効果的誤り検出訂正符号の構成方法を提供することは、本発明の範疇を越えるものであるためここでは言及しない。また、上記のように、所定の符号長に分割された伝送(記録)符号系列ブロックの単位で誤り訂正を行うことは、この誤り訂正処理を軟判定処理により実施する場合にさらに有利である。本発明の特定符号誤りシンδροームの誤り事象の訂正を、アナログ符号情報を用いた軟判定処理により行って、訂正符号化の利得を高める方法は、公知の技術から与えることができるが、このときの誤り訂正処理回路の実現規模は、一般に訂正処理の符号長べき乗に比例して増加する。このような誤り訂正処理回路(誤り訂正復号器)の増加に対して、個々の誤り検出訂正処理の符号長を、上記のように伝送(記録)符号系列ブロック単位に限定することによって、誤り訂正処理回路(誤り訂正復号器)の要求回路規模を抑え、現実的規模での実現を提供することができる。以上のように、本発明では、最尤シーケンス復号の復号誤り特性の情報を有効に利用して、低冗長度で、簡便な誤り訂正手段により、効率のよい復号信頼度改善を図る。このため、最尤シーケンス復号器に誤り訂正手段を接続させて、積極的に両者を組み合わせた処理構成をとる。本発明は、前記(a)(b)の最尤シーケンス復号誤りの性質に基づいて、特定の符号誤りシンδροームを有する高頻度の符号誤り事象を、所定の長さの符号系列内で限定された発生個数まで訂正処理する低冗長度の誤り訂正符号を構成することによっており、既存技術による簡易な構成の誤り訂正検出符号を用いて、伝送・記録再生情報の信頼度を上げ得る点が本発明の利点となる。以上が、本発明の実施原理である。

【0046】図1は、本発明による情報記録再生方法および記録再生装置における情報符号系列の処理の流れを示す第一の基本的実施例である。本実施例において、記録再生される情報符号系列300には、符号化・変調処理回路301(記録符号変調処理)を介して、ランレングス制限などの所定の拘束条件を付加する符号変換処理が施される。この処理により変換出力された記録前の記録符号系列302には、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器回路)304によって、第一の誤り訂正符号化処理が施される。本実施例では、この第一の誤り訂正符号化回路304は、入力された記録符号系列302に対し、誤り検出訂正のための誤り検査冗長符号

列（第一の誤り訂正符号系列）を生成する誤り訂正符号列生成回路304aと生成された検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号列）を該記録符号系列302上の所定の符号位置に挿入・付加する誤り訂正符号列挿入回路304bから構成される。前述の本発明実施の原理において説明されたように、本発明における記録再生系チャンネルおよび最尤シーケンス復号方法（復号器）の構成から限定される復号符号系列上での特定の高頻度符号誤りパターン事象を所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）として予め設定し、誤り訂正符号列生成回路304aは、入力される記録符号系列302を、所定の符号長からなる記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の単位に分割し、各々の記録符号系列ブロックに対して、この設定された高頻度の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の復号誤り事象を、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の符号系列単位の内部で所定の個数まで検出訂正（第一の符号誤り検出訂正処理）をするよう、該記録符号系列ブロックに対して、誤り訂正符号化を施す。実現される誤り訂正符号化が、巡回冗長符号化のように、一般的に、この種の誤り訂正符号化にしばしば用いられる組織的符号化による場合には、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に対応する誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号列）303a、303b、303c…が誤り訂正符号列生成回路304aから出力生成される。誤り訂正符号列挿入回路304bは、入力される記録符号系列302を記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の単位に分割し、多くの場合、各記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の直後の符号位置に、誤り訂正符号列生成回路304aから生成出力される当該記録符号系列ブロックに対応した誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号列）303a、303b、303c…を、順次挿入して、これをチャンネル記録符号系列305として出力する。この誤り訂正符号列挿入回路304bは、入力される記録符号系列302を記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の単位で遅延させる遅延記憶回路によって容易に構成できる。また、実現される誤り訂正符号化が、畳み込み符号化のような組織的符号化による場合には、誤り検査のための冗長度が、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に付加された状態で、誤り訂正符号列生成回路304aから出力され、これをチャンネル記録符号系列305として順次出力する。このようにして、記録符号系列302に対して、誤り訂正符号化され、あるいは、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）が付加されたチャンネル記録符号系列305が、記録・再生系チャンネル306に供給される。記録・再生系チャンネル306構成は、具体的に本発明の実施対象となる情報記録再生系により異なるが、一般的には、記録信号処理系306a、記録ヘッド306

b、記録媒体306c、再生ヘッド306d、再生信号処理系306eなどによって構成される。一実施例として、記録信号処理系306aは、チャンネル記録符号系列305にプリコードなどの所定の符号処理を施す符号処理回路307a、チャンネル記録符号系列305を記録信号系列308に変換する符号信号変換回路307b、記録信号系列308に記録信号補正処理などの所定の信号処理を施す記録信号処理回路307c、記録信号増幅器307dなどから構成される。これら記録信号処理系306aを経て出力された記録信号系列306fは、記録ヘッド306bに供給され、これにより、チャンネル記録符号系列305は、記録媒体306c上に記録される。

【0047】以上のような記録過程で記録されたチャンネル記録符号系列305の情報は、再生過程では、再生ヘッド306dを用いて、この出力からの再生信号系列306gとして取り出され、再生信号処理系306eに供給されて所定の処理を施される。一実施例として、再生信号処理系306eは、入力される再生信号系列306gを増幅する再生信号増幅器308a、再生信号系列306gの信号振幅変動を補償する可変利得増幅回路308b、再生信号系列306g上の不要な（高域）雑音を除去する（高域遮断）フィルタ回路308c、アナログの再生信号系列306gをデジタル信号値に離散化・量子化するためのサンプリング回路（アナログ／デジタル変換器）308d、再生信号系列306gに対して信号波形等化処理を施すための等化処理回路308eなどから構成され、また、可変利得増幅回路308bに対する利得制御信号308gやサンプリング回路308dに対するサンプルタイミング制御信号308hなどを再生信号系列306gの情報から再生抽出するためのタイミング再生・利得制御回路308fなども、多くの場合、これに含まれる。この再生信号処理系306eにより上記の処理を施された再生信号系列306eは、復号信号系列309として出力され、最尤シーケンス復号回路310の入力として供給される。該最尤シーケンス復号回路310は、前述のような最尤系列推定方法による復号処理を施こして、復号符号系列311を復号結果として出力する。このとき、復号符号系列311には、必要に応じてポストコード処理などの所定の符号処理が施されることもある。該最尤シーケンス復号回路310の出力には、記録過程における第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304に対応した第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313が設けられる。この第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313では、記録過程での符号系列ブロック単位である記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に同期対応した復号符号系列311上、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…の各々に対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施す。すなわち、第一の誤り検出訂正処理回路（第一の

誤り訂正復号器回路) 313では、記録過程での誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列) 303a、303b、303c…に同期対応する復号符号系列311上での復号誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列) 312a、312b、312c…を各々用いて、当該復号符号系列ブロック内に発生した復号誤り事象に対して、所定の第一の符号誤り検出訂正処理を行う。本実施例での構成例において、第一の誤り検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器回路) 313は、符号誤り検査訂正回路313aと誤り検査冗長符号系列除去回路313bから構成される。符号誤り検査訂正回路313aは、入力された復号符号系列311を記録符号系列ブロック302a、302b、302c…(復号符号系列ブロック311a、311b、311c…)および誤り検査冗長符号列303a、303b、303c…(復号誤り検査冗長符号列312a、312b、312c…)に同期したタイミングで分離し、各々の復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に当該の復号誤り検査冗長符号列312a、312b、312c…を用いて、第一の符号誤り検出訂正処理に基づく誤り符号検査を行う。誤り検査冗長符号系列除去回路313bは、入力された復号符号系列311を記録符号系列ブロック302a、302b、302c…(復号符号系列ブロック311a、311b、311c…)および誤り検査冗長符号列303a、303b、303c…(復号誤り検査冗長符号列312a、312b、312c…)に同期したタイミングで分離し、復号符号系列311上から、挿入付加されている復号誤り検査冗長符号列312a、312b、312c…を排除した上で、該符号誤り検査訂正回路313aにより誤り検査訂正された後の復号符号系列ブロック311a、311b、311c…のみを、連続符号時系列の訂正復号符号系列314として、所定の符号再生速度で出力する。この誤り検査冗長符号系列除去回路313bは、入力される符号系列を、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…の単位で遅延させる遅延記憶回路によって容易に構成できる。また、実現される誤り訂正符号化方式が非組織的符号化による場合は、誤り検査のための冗長度は、各々の復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に内在する形態となるため、第一の誤り検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器回路) 313は、入力される復号符号系列311を、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に分離して、各々の復号符号系列ブロックに所定の誤り訂正処理を施し、誤り訂正処理後の該復号符号系列ブロックを、連続符号時系列の訂正復号符号系列314として、所定の符号再生速度で出力する。

(誤り検査冗長符号系列除去回路313bは、符号誤り検査訂正回路313aに内在する形態となる。) また、後述の公知例のように、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…と復号誤り検査冗長符号列3

12a、312b、312c…とが、分離して記録・再生される情報記録再生系の形態である場合も、第一の誤り検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器回路) 313は、入力される復号符号系列311を、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に分離し、同時に入力される各々の復号符号系列ブロックに対応した復号誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列) 312a、312b、312c…を当該の復号符号系列ブロックに用いて誤り訂正処理を施して、誤り訂正処理後の該復号符号系列ブロックを、連続符号時系列の訂正復号符号系列314として、所定の符号再生速度で出力する。(誤り検査冗長符号系列除去回路313bの機能は不要となる。) 最終的に、第一の誤り検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器回路) 313を介して出力される訂正復号符号系列314は、復調処理回路315(記録符号復調処理)に入力され、これを介して、記録過程における符号化・変調処理回路301(記録符号変調処理)での符号変換処理に対応する符号変換処理を施されて、元の情報符号系列300に対応する復号符号系列316が再生される。以上が図1における本発明の第一の基本的実施例の概略である。本発明の実施においては、第一の符号誤り検査訂正処理は、最尤シーケンス復号器310の復号誤り特性を利用することを前提としたものであるため、一般に、図1に示すように、最尤シーケンス復号器310から復号出力された復号符号系列311は、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器回路) 304に対して、論理的に符号順序を変更することなく入力される、あるいは、直接、入力される。前述のポストコードのような処理は、復号符号系列311の符号順序を論理的に置換したり、入替えることなく、各符号に一定の処理を逐次施すのみである。したがって、処理の前後において、復号誤りシンδροームは、一対一対応が可能であり、符号系列上拡散されることはなく、論理的順序を変更するという操作は当たらない。発明の原理から、第一の符号誤り検査訂正処理の手段である第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器回路) 304が、復号手段である最尤シーケンス復号器310と接続した構成をとる点が、本発明の構造上の特徴となる。これは、集積回路による本発明実施の場合、しばしば、両者が単一の集積回路上に搭載される実施形態を生む。

【0048】図2は、図1の第一の基本的実施例における符号系列の流れを説明するための図である。本発明において記録再生される情報符号系列300は、符号化・変調処理回路301での記録符号変調処理によって、記録符号系列302に変換された後、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器回路) 304において、所定の符号長の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に分割され、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に対して誤り検査冗

長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…が生成される。生成された誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…は、当該の記録符号系列ブロックに対応する所定の記録位置におかれて、記録符号系列ブロック302a、302b、302c…とともに記録される。誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…は、当該の記録符号系列ブロックとの対応をとりながら、ともに再生することができれば、両者は分離された形態で記録再生処理されても構わないが、多くの場合は、一括した符号系列として記録再生処理される。この場合も誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…は、記録符号系列302上、当該の記録符号系列ブロックと対応して記録再生される、所定の符号位置に付加することができるが、多くの場合は、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の所定符号位置に挿入・付加される。最も一般的には、各々の誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…は、当該の記録符号系列ブロックを参照して生成処理されるから、記録符号系列302上、当該の記録符号系列の直後の符号位置に、各々挿入付加される。これは、再生処理において、各々の誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…を用いて、当該の復号符号系列ブロックに対する誤り訂正処理を施す場合にも処理遅延時間を短縮して、最も訂正処理効率がよい。各々の誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…は、本発明実施の原理により極めて低い冗長度で、極めて短い符号長の検査冗長符号系列として構成される。したがって、符号化・変調処理回路301により、ランレングス制限などの所定の拘束条件を付加した後の記録符号系列302上に、これを分散して挿入付加しても、この拘束条件を大きく妨げることはない。また、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…の構成は比較的簡素で短い符号長であるから、これを構成する際に、例えば、簡単なガード符号をその前後に付加するなどして、所定の拘束条件を満たす誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…を生成してすることも可能である。生成される誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…が比較的長く、これを挿入・付加することで上記の符号拘束条件を破壊することが問題となる場合には、各々の誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）を複数に分割し、所定の記録位置・符号位置に分散させて挿入・付加することで、これを回避することができる。誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…を挿入・付加された記録符号系列302は、チャンネル記録符号系列305

として、記録・再生系チャンネル306に供給され、記録処理される。各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…は、後述のように、再生処理において、単一の最尤シーケンス復号器310によって連続して復号処理される一連の符号系列ブロックである。したがって、通常の記録再生形態において、チャンネル記録符号系列305は、この符号順序で、記録再生処理され、記録媒体306c上にも、この符号順序と符号形態で、物理的に連続した記録位置に記録されることになる。媒体上の、このような記録符号形態は、本発明の実施を示す。最尤シーケンス復号器310から出力される復号符号系列311も、チャンネル記録符号系列305と同様の符号形態をとり、記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に対応する復号符号系列ブロック311a、311b、311c…と、当該の復号符号系列ブロックの直後に、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…に対応する復号誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）312a、312b、312c…が付加された符号系列形態をとる。第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313では、復号誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）312a、312b、312c…を用いて、当該の復号符号系列ブロックに対して第一の誤り符号検出訂正処理を施した後、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…のみを、訂正復号符号系列314として出力する。復調処理回路315（記録符号復調処理）では、これに記録符号変調処理に対応する符号変換処理を施されて、元の情報符号系列300に対応する復号符号系列316が再生される。

【0049】上記の本発明の実施は、対象とする情報記録再生方法や情報記録再生装置および記録再生系チャンネルにより、さまざまな形態をとりうる。また、前述のように第一の誤り検出訂正処理に用いる誤り符号検出訂正符号化や訂正処理の手段によっても、図1における発明構成の細部は変更されるが、上記実施例構成の第一の基本的特徴は、第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304は、記録符号系列302を所定の符号長の符号系列単位である記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に論理的に分離し、各々の記録符号系列ブロックに対して、第一の誤り訂正符号化処理を施こした上で、これを出力するという点であり、第一の誤り訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313は、復号符号系列311を所定の符号長の符号系列単位である復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に論理的に分離した上で、各々の復号符号系列ブロックに対して、第一の誤り検出訂正処理を施こした上で、これを出力するという点である。第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304において生成される誤り検出訂正のための検査冗長性、すなわち、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系

列) 303a、303b、303c…は、多くの実施例では、図1の如く、記録符号系列302 (情報符号列) に付加されるが、これは、互いの対応関係のみを管理する手段を備えることにより、互いに分離して扱われ、異なる記録媒体306cや異なる記録・再生系チャンネル306によって記録再生処理されるものであっても構わない。本発明の実施の原理により、第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 304において生成される誤り検出訂正のための検査冗長性、すなわち、誤り検査冗長符号列 (第一の誤り訂正符号系列) 303a、303b、303c…の大きさは、記録再生される情報符号の大きさに対して極めて微少にできるため、記録符号系列ブロック302a、302b、302c…と誤り検査冗長符号列 (第一の誤り訂正符号系列) 303a、303b、303c…とを分離して記録・再生処理することが、処理効率やハードウェア的成本あるいは記録再生コストを考慮した場合、合理的となる場合も少なくない。記録符号系列ブロック302a、302b、302c…と誤り検査冗長符号列 (第一の誤り訂正符号系列) 303a、303b、303c…とを、同一記録媒体306c上の異なる記録位置、同一記録再生装置上の異なる記録媒体306c上、同種の複数の記録再生装置や同種の複数の記録再生手段 (例えば、複数の磁気ディスク装置)、あるいは、異種の記録再生装置や記録再生手段 (例えば、前者を磁気記録手段・装置、後者を半導体記憶手段・装置) にそれぞれ記録するなど、様々な形態が実施できる。また、分離記録された両者互いの情報を複数のトランスジューサ (再生ヘッド306d) により同時に再生する、あるいは、同一のトランスジューサ (再生ヘッド306d) により時間的に分離して再生するなどの形態も実現しうる。これらは、いずれも対象となる情報記録再生方法や情報記録再生装置の形態、あるいは、異なる情報記録再生方法や情報記録再生装置との組み合わせによって、最も合理的かつ経済的な実施形態が実現される。また、上記実施例構成の第二の基本的特徴は、上記の復号符号系列ブロック311a、311b、311c…の各々の系列は、常に、特定の最尤シーケンス復号器310から物理的に連続して復号出力されるシーケンシャルな符号単位である点であり、この復号符号系列ブロック311a、311b、311c…の単位に対応して、記録符号系列302に対する記録符号系列ブロック302a、302b、302c…の分離方法が決定される点である。

【0050】図3は、この第二の特徴を明らかにするための第二の基本的実施例であり、複数の記録・再生系チャンネル306によって、単一の記録符号系列302を記録再生する場合の本発明実施例を示している。ここでは、上述の対象情報を複数同時に、分離して記録再生処理可能であるような情報記録再生方法や情報記録再生装置の実施形態などを含め、図3のように複数の記録・再

生系チャンネル306が備えられ、一つの記録再生処理単位に対して、これらが同時動作する実施形態を示している。このように、単一の情報符号系列300が、マルチプレクサ回路 (符号系列選択回路) 348aやデマルチプレクサ回路 (符号系列選択回路) 348bによって、複数の記録・再生系チャンネル306によって、分離して記録再生され、各々のチャンネル出力が、複数の最尤シーケンス復号器310によって、並列あるいは分離して復号処理されるような情報記録再生方法や情報記録再生装置である場合には、各々の最尤シーケンス復号器310から出力される復号符号系列311に対して、第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 304による第一の誤り検出訂正処理は、論理的に、各々の復号符号系列311の物理的符号出力順序を保持して、独立に施される。これは、前述のように、本発明実施の原理が、該最尤シーケンス復号器310の復号シーケンス誤りの性質を利用するものであるためである。

【0051】このため、このような場合の多くの実施形態では、図3の如く、各々の記録・再生系チャンネル306に接続する最尤シーケンス復号器310の各々の出力に対し、独立に第一の誤り検出訂正処理回路 (第一の誤り訂正復号器回路) 313を設ける。(符号化・変調処理回路301から、各系列独立に設けてもよい。) そして、各々の最尤シーケンス復号器310からシリアル出力される復号符号系列311に対し、その符号順序を保って、所定の第一の誤り検出訂正処理を施す。このとき、各々の記録・再生系チャンネル306に接続する最尤シーケンス復号器310からの復号符号系列311には、それぞれ、独立に、所定符号長の復号符号系列ブロック311a、311b、311c…が設定され、各々の復号符号系列ブロックに所定の第一の誤り検出訂正処理が施される。記録過程においては、情報符号系列300を、複数の記録・再生系チャンネル306に供給するため複数の系列に分離したのち、各系列に対して、設けた第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 304を用いて、復号符号系列ブロック311a、311b、311c…に対応する記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に各々の系列を分離して、第一の誤り訂正符号化処理を施し、これを、各々の記録・再生系チャンネル306に供給して記録処理を行う。本実施例では、第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 304と第一の誤り検出訂正処理回路 (第一の誤り訂正復号器回路) 313を記録・再生系チャンネル306毎に、独立複数設けたが、単一の回路や手段によって、これと等価な処理方法や構成を実現することは可能である。前述のように、本発明では、最尤シーケンス復号器310の復号誤り特性を有効に利用するため、最尤シーケンス復号器310からの復号符号系列311は、符号順序が変更されることなく第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 304に

供給される実施形態が有効である。したがって、多くの実施形態では、図 1 または図 3 の実施例の如く、最尤シーケンス復号器 310 からの復号符号系列 311 の出力は、符第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 の入力に直結または近接される。両者の間に符号変換処理が存在することによって、多くの場合、第一の誤り訂正符号化処理や第一の誤り検出訂正処理において、設定されるべき符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）が増加し、処理が不能となる、あるいは、誤り符号化・訂正処理や第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 および第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313 が極めて複雑なものとなるためである。このことから、以上の第一および第二の実施例の形態にみられるように、本発明が適用される情報記録再生において、チャネル記録符号系列 395 上にランレングス制限などの所定の符号拘束条件や制約条件を付加する記録符号変調処理および記録符号復調処理が必要とされる場合、情報符号系列 300 に対する該記録符号変調処理は、第一の誤り訂正符号化処理を施す以前に実施し、復号符号系列 311 に対する該記録符号復調処理は、第一の誤り符号検出訂正処理を施した後に後置されることが効果的な実施形態となる。したがって、本発明の実施においては、第一の符号誤り検査訂正処理は、最尤シーケンス復号器 310 の復号誤り特性を利用することを前提としたものであるため、一般に、図 1 に示すように、最尤シーケンス復号器 310 から復号出力された復号符号系列 311 は、第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 に対して、論理的に符号順序を変更することなく入力される、あるいは、直接、入力される。発明の原理から、第一の符号誤り検査訂正処理の手段である第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 が、復号手段である最尤シーケンス復号器 310 と接続した構成をとる点が、本発明の構造上の特徴であり、前述のように、集積回路による本発明実施の場合、しばしば、両者が単一の集積回路上に搭載される実施形態を生む。

【0052】図 4 は、本発明の第 3 の基本的実施例を示したものである。本実施例では、記録過程において、情報符号系列 300 に対する第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317 を、第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 より前に前置し、第二の誤り訂正符号化処理を施す。また、再生過程においては、この第二の誤り訂正符号化処理に対応した第二の誤り符号検出訂正処理を、出力前の再生符号系列 316 に施すために、第二の誤り検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）318 を、第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）313 より後に後置する。この第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理は、前記までの実施例に

おいて、第一の誤り符号検出訂正処理（設定された所定の符号誤りシンδροームの特定誤り符号事象を、所定の発生個数まで検出訂正する処理）において検出訂正不能となる復号誤り事象、あるいは、誤訂正処理された復号誤り事象を救済すること、あるいは、実際の記録再生処理においておこりうるランダム雑音要因以外の予測しえない復号誤り事象を救済して、所望の記録再生信頼度を得ることを目的として備えられる。

【0053】発明の実施原理により、第一の誤り符号検出訂正処理での訂正対象外とされる符号誤りシンδροームの誤り符号事象の発生確率、および、単一の復号符号系列ブロックにおける所定個数（誤り検出訂正能力）を超える誤り符号事象の発生確率は、相対的に低い発生頻度となることから、本発明では、第一の誤り符号検出訂正処理による誤り訂正不能な復号誤り事象、あるいは、誤訂正処理された復号誤り事象が、複数の復号符号系列ブロック内で連続あるいは頻発して発生する確率は極めて小さいものであることに着目する。したがって、本実施例では、記録過程において、例えば、ディスク装置におけるセクタ単位、テープ装置におけるブロック単位などのような記録再生処理の一動作単位において連続一括して記録再生処理される情報符号系列 300 上の符号系列単位（記録フレーム）、あるいは、記録符号系列 302 上の複数の一括の記録符号系列ブロック 302a、302b、302c…に対応する情報符号系列 300 上の符号系列単位を、第二の誤り検出訂正符号化および第二の誤り符号検出訂正処理における処理単位（情報符号フレーム 319a、319b、319c…）とする。記録過程において、第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317 では、情報符号系列 300 上、この各々の情報符号フレーム 319a、319b、319c…に対して、第二の誤り訂正符号化処理を施し、あるいは、誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…を構成する。再生過程において、第二の誤り検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）318 では、再生符号系列 316 上、この情報符号フレーム 319a、319b、319c…に対応する再生符号フレーム 325a、325b、325c…を処理単位として、誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…に対応して復号される復号誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）326a、326b、326c…を当該の再生符号フレーム 325 に対して用いながら、第二の誤り符号検出訂正処理を施した後、これを最終的な再生符号系列 (1) 316a として出力する。

【0054】上記のように、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理は、第一の誤り符号検出訂正処理における対象外あるいは訂正不能な符号事象を訂正することを目的とし、このような符号誤り事象には、最尤シーケンス復号器 310 での復号誤り伝播

現象によるバースト的な符号誤り事象が多く含まれる。また、所定の個数（第一の誤り符号検出訂正処理の訂正能力）を超えた誤り符号事象発生も複数誤り事象の集合として扱われる他、第一の誤り符号検出訂正処理により誤訂正処理された結果の誤り事象も比較的長い符号誤り事象となる。さらに、記録再生装置の実用上発生するランダム雑音要因以外（記録媒体上の欠陥や再生信号系列の部分的不良）による復号誤り事象も、発生確率は比較的低くも、高密度記録時には、予測の困難な極めて符号長の長いバースト的な符号誤り事象を想定する必要がある。このような点から、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理は、第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理に比べて、様々な符号誤りシンδροームをとる長い符号誤り事象を訂正処理の対象として、リードソロモン符号など比較的強力な誤り訂正符号化訂正方法を適用する必要がある。公知技術において、このような強力な誤り訂正符号化訂正方法では、一般に複雑かつ高い検査冗長度をもつ符号構成が要求され、情報符号系列300に対して、符号化により構成・付加される誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…などに要求される冗長性は大きくなる。本発明では、上記のような第二の誤り訂正符号化処理において訂正対象とされる符号誤り事象の発生確率の性質から、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理を、第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理に比べて、情報符号系列300上の比較的長い符号列単位（情報符号フレーム319a、319b、319c…および再生符号フレーム325a、325b、325c…に対して施すことができる。これによって、この検査符号冗長度の増加による記録再生効率の低下と誤り訂正符号化および訂正処理の複雑化を回避することができる。本発明では、高頻度で発生するランダムな短符号誤りは、記録符号系列302上、記録符号系列ブロック単位で分散符号化された比較的低位冗長度の第一の誤り訂正符号化および誤り検出訂正処理によって訂正処理される。また、比較的低位頻度の連続バースト的に発生する長い符号誤りは、長い情報符号フレーム319を訂正処理の単位とする第二の誤り訂正符号化および誤り検出訂正処理によって強力（高冗長度）な誤り訂正符号を用いて訂正処理がなされる。このように、第一の誤り訂正符号化および第一の誤り符号検出訂正処理と、第二の誤り訂正符号化および第二の誤り符号検出訂正処理を相補的に用いることにより、第二の誤り符号検出訂正処理において、広範囲に分散発生するランダム復号誤りに対する訂正処理への負担や訂正能力の損失を避けることができ、長バースト復号誤り事象に訂正対象の重点をおいた誤り訂正符号化・訂正処理の最適構成も容易なものとなる。これにより、本発明では、記録再生処理全体での誤り訂正効率と復号信頼性の向上を効果的かつ能率良く実現する

ことができ、従来のように、第一の誤り符号検出訂正処理を用いず、第二の誤り符号検出訂正処理のみで同等の復号信頼性を確保しようとする場合に対して、要求される誤り検査冗長度を低く抑えて、情報記録再生における効率的な誤り検出訂正の手段が実現できる。第二の誤り訂正符号化処理における誤り訂正符号の構成方法や第二の誤り符号検出訂正処理は、公知技術により実現しうるものであるためここでは詳述しない。また、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理に要求される訂正処理能力や誤り訂正符号の構成形態、情報符号フレーム319a、319b、319c…の符号長などは、本発明の対象となる記録再生系チャネルや装置、および、所望の情報記録再生信頼度により、適切な設定をなしえるものである。本実施例に見られるように、本発明が適用される情報記録再生において、チャネル記録符号系列305上にランレングス制限などの所定の符号拘束条件や制約条件を付加する記録符号変調処理および記録符号復調処理が必要とされる場合、第二の誤り訂正符号化における誤り検査冗長符号列は、比較的長いものであるため、符号拘束条件や制約条件を保持するために、情報符号系列300に対する第二の誤り訂正符号化処理を施した後に、該記録符号変調処理を実施し、復号符号系列311に対する該記録符号復調処理を施した後に、第二の誤り符号検出訂正処理を施す実施形態、すなわち、第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317が符号化・変調処理回路301に対して前置し、第二の誤り符号検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）318が復調処理回路315に対して後置される形態が、しばしば簡易な実用的実施の形態としてとられる。

【0055】図5は、図4の第3の基本的実施例における符号系列の流れを説明するための図である。本発明において記録再生される情報符号系列300は、まず、前置される第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317に入力され、所定の情報符号フレーム319を処理単位として、前述のような第二の誤り訂正符号化処理が施される。第二の誤り訂正符号化が、リードソロモン符号化などによる組織的誤り訂正符号化である場合には、これにより、各々の情報符号フレーム319a、319b、319c…には、誤り検査冗長度である誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…がそれぞれ生成され、情報符号系列(1)300a上の当該の情報符号フレーム319に対応する所定の記録位置におかれてともに記録再生される。前記の第一の誤り訂正符号化における誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…の場合と同様に、誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…は、当該の情報符号フレーム319との対応をとりながら、ともに記録再生することができれば、両者

は分離されたままの形態で記録再生処理されても構わない。両者は異なる記録位置、記録媒体、記録装置や記録手段において記録再生されるものであっても、あるいは、異なる記録・再生系チャネルによって記録再生処理されるものであっても、本発明は、実施可能であるが、多くの場合、図5のように両者は、一括した符号系列として記録再生処理される。この場合も誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…は、情報符号系列上、当該の情報符号フレーム319と対応して記録再生できれば、所定の符号位置に付加することができるが、多くの場合、当該の情報符号フレーム319の直前・直後あるいは内部の所定符号位置に挿入・付加される。最も一般的には、各々の誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…は、当該の情報符号フレーム319を参照して生成処理されるから、情報符号系列（1）300a上、当該の情報符号フレーム319の直後の符号位置に、各々挿入付加される。これは、再生処理において、各々の誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…を用いて、当該の情報符号フレーム319に対する第二の誤り符号検出訂正処理を施す場合にも処理遅延を短縮して、最も訂正処理効率が良い。ただし、第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317に入力される情報符号系列300に、既に何らかの符号上の拘束条件が付加されており、該誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…の挿入・付加によって、これが破壊されることが問題となる場合には、各々の誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…を複数に分割し、当該の情報符号フレーム319内の所定の記録位置・符号位置に分散させて挿入・付加することで、これを回避することができる。多くの場合は、図5の実施例のように、第二の誤り訂正符号化回路（第二の誤り訂正符号器回路）317から出力される情報符号系列（1）300a上、当該の情報符号フレーム319a、319b、319c…に対応する所定の符号位置に誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…を挿入・付加した後に、符号化・変調処理回路301での記録符号変調処理が施される。図5のように、符号化・変調処理回路301を設けて、符号変換処理を施した場合、所定の符号拘束条件や符号冗長度の付加により、各々の情報符号フレーム319a、319b、319c…は、記録符号系列302上、記録符号フレーム321a、321b、321c…に対応して符号変換される。また、誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…は、それぞれ、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322a、322b、322c…に対応して符号変換される。（符号化・変調処理回路301を設けない場合は、

情報符号フレーム319a、319b、319c…と記録符号フレーム321a、321b、321c…、誤り検査冗長符号列320a、320b、320c…と誤り検査冗長符号変換列322a、322b、322c…は、一致する。）第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304は、図1および図2の実施例と同様に、この各々の記録符号フレーム321a、321b、321c…を、記録符号系列ブロックに分離し、その各々に対して、第一の誤り訂正符号化処理を施す。本実施例において、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322a、322b、322c…に対して、第一の誤り訂正符号化処理を施してはいないが、他の実施形態として、この誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322a、322b、322c…を含めて、第一の誤り訂正符号化処理および後の第一の誤り符号検出訂正処理を施すものであってもよい。この場合、各々の記録符号フレーム（情報系列部）300a、300b、300c…と当該の誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…を接続した一つの系列とみなして、所定の長さの記録符号系列ブロック302a、302b、302c…を設定した上で、各々の分離した記録符号系列ブロックに対する第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理を施してもよいし、また、図5のように、該記録符号フレーム（情報系列部）300a、300b、300c…のみを所定の長さの記録符号系列ブロック302a、302b、302c…に分離して、各々に対する第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理を施し、さらに、当該の誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）320a、320b、320c…に対しても、独立に、場合によっては所定の符号長のブロック単位に分離して、同様の第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理を施してもよい。

【0056】以上のようにして、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303a、303b、303c…および誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322a、322b、322c…が挿入・付加されたチャネル記録符号系列305が、記録・再生系チャネル306に供給され、記録処理される。通常の記録再生形態において、チャネル記録符号系列305は、この符号順序で、記録再生処理され、記録媒体306c上にも、この符号順序と符号形態で、物理的に連続した記録位置に記録されることになる。媒体上の、このような記録符号形態は、本発明の実施を示す。最尤シーケンス復号器310から出力される復号符号系列311も、チャネル記録符号系列305と同様の符号形態をとり、図2の実施例における復号符号系列311の符号形態に加えて、記録符号フレーム321a、321b、321c…に対応する各々の復号符号フレーム323a、32

3 b、3 2 3 c…に対して、当該の復号符号フレーム3 2 3の直後に、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 2 a、3 2 2 b、3 2 2 c…に対応する復号誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 4 a、3 2 4 b、3 2 4 c…が付加された符号系列形態をとる。第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）3 1 3では、各々の復号符号フレーム3 2 3 a、3 2 3 b、3 2 3 c…において、復号誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）3 1 4 a、3 1 4 b、3 1 4 c…を用い、当該の復号符号系列ブロックに対する第一の誤り符号検出訂正処理を施す。この後、復号誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）3 1 2 a、3 1 2 b、3 1 2 c…を排除して、訂正復号符号系列3 1 4を出力する。これに対して、復調処理回路3 1 5（記録符号復調処理）では、記録符号変調処理に対応する符号変換処理を施す。訂正復号符号系列3 1 4上の復号符号フレーム3 2 3 a、3 2 3 b、3 2 3 c…は、それぞれ再生符号フレーム3 2 5 a、3 2 5 b、3 2 5 c…に符号変換され、また、復号誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 4 a、3 2 4 b、3 2 4 c…は、それぞれ復号誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 6 a、3 2 6 b、3 2 6 c…に符号変換されて、再生符号系列（1）3 1 6 aが得られる。第二の誤り検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）3 1 8では、再生符号系列（1）3 1 6 a上、各々の再生符号フレーム3 2 5 a、3 2 5 b、3 2 5 c…に対して、当該の復号誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 6 a、3 2 6 b、3 2 6 c…を用いて、第一の誤り符号検出訂正処理を施した後、正規の再生符号フレーム3 2 5 a、3 2 5 b、3 2 5 c…を得て、再生符号系列3 1 6として再生出力する。以上の実施例説明において、第二の誤り訂正符号化の手段が、畳み込み符号化などによる非組織的誤り訂正符号化による場合には、誤り検査冗長度である誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 0 a、3 2 0 b、3 2 0 c…は、このように分離して扱われることなく、各々の情報符号フレーム3 1 9 a、3 1 9 b、3 1 9 c…内に内在して挿入・付加されることになる。したがって、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 2 a、3 2 2 b、3 2 2 c…や、復号誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 4 a、3 2 4 b、3 2 4 c…および復号誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 6 a、3 2 6 b、3 2 6 c…は、区別して記録再生処理されるものではなく、第二の誤り検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）3 1 8では、各々の再生符号フレーム3 2 5 a、3 2 5 b、3 2 5 c…に内在する誤り検出冗長度を用いて、各々の再生符号フレームに対する第二の誤り符号検出訂正処理を行った上でこれを再生符号系列3 1 6として出力する。

【0057】一般に、多くの情報記録再生方法や記録再生装置では、上記の第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理の単位は、記録再生処理の制御における利便から、例えば、ディスク装置におけるセクタ単位、テープ装置におけるブロック単位などのような、記録再生処理の一動作単位において連続一括して記録再生処理される情報符号系列3 0 0上の符号系列単位（記録フレーム）を、個々の情報符号フレーム3 1 9とすることが合理的である。

【0058】図6（a）は、記録フレームの記録符号形態、すなわち、この実施例における情報符号系列3 0 0、および、記録媒体3 0 6 c上に連続記録されるチャネル記録符号系列3 0 5の符号形態を示している。情報符号系列3 0 0上、記録フレーム（情報符号部）3 2 6には、必要に応じてプリアンプル3 2 6 a、ポストアンプル3 2 6 bを付加した構成となり、特に、プリアンプル3 2 6 aには、該記録フレーム（情報符号部）3 4 9の記録位置を示す情報や、信号利得制御・信号タイミング検出をおこなうための情報、記録信号処理系3 0 6 a・再生信号処理系3 0 6 eを調整するための学習情報、そして、記録フレーム（情報符号部）3 4 9の開始を示す同期情報などが含まれる。本実施例では、この記録フレーム（情報符号部）3 2 6が、図5実施例における情報符号フレーム3 1 9 a、3 1 9 b、3 1 9 c…の各々に相当するが、他の実施例では、プリアンプル3 2 6 aやポストアンプル3 2 6 bの全部または一部を、この情報符号フレーム3 1 9に含めて処理する場合もある。本実施例において、チャネル記録符号系列3 0 5上、記録フレーム（情報符号部）3 2 6の記録符号変調処理後の当該情報である記録符号フレーム3 2 1は、所定の符号長の記録符号系列ブロック3 0 2 a、3 0 2 b、3 0 2 c…に分割される。そして、図2および図5の実施例に示されたように、各々の記録符号系列ブロックに対する誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）3 0 3 a、3 0 3 b、3 0 3 c…が、当該の記録符号系列ブロックの対応する所定の符号位置に分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体3 0 6 c上に記録される。本実施例では、各々の誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）は、当該の記録符号系列ブロックの直後の符号位置に一括して挿入・付加されて、該記録媒体3 0 6 c上に記録される。

【0059】また、図5の実施例に示されるように、記録フレーム（情報符号部）3 2 6に、第二の誤り訂正符号化処理および記録符号変調処理によって、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 2が構成される場合、当該情報である記録符号フレーム3 2 1に対応する所定の符号位置に分割または一括して挿入・付加され、該記録媒体3 0 6 c上に記録される。本実施例では、各々の誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）3 2 2は、当該の記録符号フレーム3 2 1の

直後の符号位置に一括して挿入・付加されて、該記録媒体 306 c 上に記録される。図 5 の実施例に前記したように、他の実施例においては、この誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322 に対しても、第一の誤り訂正符号化を施して、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303 を付加する場合もあり、また、この誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322 を記録符号フレーム 321 に含めて、第一の誤り訂正符号化の対象とする場合もある。また、前述のように、非組織的誤り符号化方法を用いる場合は、誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）303 a、303 b、303 c…は、当該の記録符号系列ブロック 302 a、302 b、302 c…に含まれる形態となり、あるいは、誤り検査冗長符号変換列（第二の誤り訂正符号系列）322 は、記録符号フレーム 321 に含まれる形態となる。本実施例では、以上のような、チャネル記録符号系列 305 の記録符号形態により、記録フレーム 349 は、記録媒体 306 c 上に連続して記録される。

【0060】図 4 および図 5 の実施例において示されたように、本発明において、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理に対しては、比較的長い符号長の符号誤り事象を検出訂正することを要求される場合が多く、リードソロモン誤り訂正符号化などの、所定の符号長の連続符号系列（情報シンボル）を訂正処理の単位とした誤り訂正符号化が用いられる。したがって、第二の誤り訂正符号化処理の処理対象となる情報符号フレーム 319 は、このような情報シンボル 327

（例えばバイト単位）の系列とみなされて扱われることがしばしばである。また、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理において、より長い符号長の符号誤り事象の検出訂正を、簡易に行うためには、第二の誤り訂正符号化処理の処理対象となる情報符号フレーム 319 を、情報シンボル単位のインターリーブ処理によって、独立した n 本（ n は自然数）の情報シンボル系列に分割して、各々の情報シンボル系列に対して、第二の誤り訂正符号化処理を施すことが実用的である。図 6（b）は、このようなインターリーブ処理（ $n=4$ ）される情報符号フレーム 319 の記録符号形態を示している。第二の誤り訂正符号化処理において、情報シンボル 327 の系列とみなされる情報符号フレーム 319 には、 $(n-1)$ 個おきの情報シンボル 327 を一連の系列とみなして、各々の系列に対し、誤り検査冗長符号列（第二の誤り訂正符号系列）320 が構成される。これにより、第二の誤り訂正符号化処理として同じ訂正能力の誤り訂正符号化を適用しながら、これを n 本の情報シンボル 327 に独立並列に施すことで、第二の誤り符号検出訂正処理におけるバースト符号誤り訂正処理の最大情報シンボル長を n 倍とすることができる。本実施例において、情報符号フレーム 319 内の各々の情報シ

ンボル 327 は、4 系列のインターリーブ処理によって、同一斜線で示された 3 個おきの情報シンボル 327 同士が一つの連続系列とみなされる。そして、第二の誤り訂正符号化処理では、情報シンボル 327 の 4 つ系列 A、B、C、D の各々に対して、誤り検査冗長符号列 A、B、C、D（第二の誤り訂正符号系列）328 a、328 b、328 c、328 d が構成されて、情報符号系列（1）300 a 上、情報符号フレーム 319 に、情報シンボル 327 の単位で、同様のインターリーブ形式で付加される。図 6（b）において、各々の誤り検査冗長符号列 A、B、C、D（第二の誤り訂正符号系列）328 a、328 b、328 c、328 d を構成する情報シンボル 327 には、情報符号フレーム 319 内の当該系列の情報シンボル 327 と同様の斜線が付されている。このようなインターリーブ処理により、情報符号系列（1）300 a 上、4 つの情報シンボル 327 に連続して発生する符号誤り事象は、論理的に 4 つの単一の情報シンボル 327 に分割して訂正処理をすることができ、同じ訂正能力の第二の誤り訂正符号化処理を用いても、4 系列を独立並列に訂正することで、4 倍の情報シンボル長のバースト符号誤り事象を訂正することができる。

【0061】また、図 6（c）は、このようなインターリーブ処理（ $n=4$ ）される情報符号フレーム 319 の記録符号形態、すなわち、チャネル記録符号系列 305 のおける符号形態を示している。図 6（b）の符号形態をとる情報符号系列（1）300 に対して、所定の記録符号変調処理を施した後、第一の誤り訂正符号化処理を施すことにより、チャネル記録符号系列 305 が得られる。本実施例において、記録符号系列ブロック 302 a、302 b、…の符号長は、記録符号変調処理以前の情報符号フレーム 319 上において、これを構成する連続した自然数個の情報シンボル 327 の符号列単位に対応するものであることが望ましい。このように、記録符号系列 302 上、第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理における符号化・訂正処理の符号単位（記録符号系列ブロック 302）を、情報符号系列 300 上、第二の誤り訂正符号化処理および第二の誤り符号検出訂正処理における符号化・訂正処理の符号単位（情報シンボル 327）の自然数個から構成される符号系列単位に対応するように構成することは、両者を連動させて誤り訂正符号化する上で好ましい。例えば、第一の誤り符号検出訂正処理によって、当該の記録符号系列ブロック 302 a、302 b、302 c、…における誤りを検出できても訂正が不能である場合、この記録符号系列ブロック 302 a、302 b、302 c、…に対応する情報符号系列 300 上および情報符号系列（1）300 a 上の情報シンボル 327 や符号に、符号誤りが存在する可能性があることを指示して、第二の誤り符号検出訂正処理において、これらの情報シンボル 327 や

当該の符号に対する消失符号誤り訂正が実現できる。これは、第二の誤り符号検出訂正処理における誤り訂正能力を効率良く改善する。そして、このとき、記録符号系列ブロック302a、302b、302c、…の符号長が、情報符号系列300上の情報シンボル327の連続自然数個の符号単位に対応していることは、誤りを含みうる情報シンボル327を指示する上で、より好ましい。

【0062】また、記録符号系列302上、第一の誤り訂正符号化処理および第一の誤り符号検出訂正処理における符号化・訂正処理の符号単位（記録符号系列ブロック302）を、記録符号変調処理あるいは記録符号復調処理における符号変換処理の符号処理単位の自然数倍に相当する符号単位に対応させて構成することも、記録符号復調処理による符号誤りの拡散を、隣接する記録符号系列ブロック302に拡大させることを回避するため、より好ましい本発明の構成である。

【0063】図7は、第二の誤り符号検出訂正処理において、消失誤り訂正を行う場合の実施例を示している。第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313において、符号誤り訂正が不能とされた復号符号系列ブロック311a、311b、311c、…に対しては、誤りブロックフラグ328が発行される。誤りポインタ生成回路329は、この誤りブロックフラグ328を入力し、復調処理回路315における記録符号復調処理の符号処理単位を考慮して、誤りブロックフラグ328が指示する誤りの復号符号系列ブロック311a、311b、311c、に対応する符号または情報シンボル327に対し、復調処理回路315から出力される当該の符号または当該の情報シンボル327に同期して、当該の情報シンボル327または符号が誤り事象を含む可能性があることを指示する誤りシンボル・誤り符号消失ポインタ330を発行する。第二の誤り検出訂正処理回路（第二の誤り訂正復号器回路）318では、誤りシンボル・誤り符号消失ポインタ330で指示された情報シンボル327または符号を対象として、消失誤り訂正を実施する。これは、第二の誤り符号検出訂正処理における誤り訂正能力を効率良く改善する。

【0064】これまでの実施例に述べたように、本発明が提供する誤り訂正符号化を用いた情報記録再生方法や記録再生装置では、最尤シーケンス復号器310による復号誤りの特性を利用し、特定の高频度誤り事象の復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）に特化した誤り訂正符号化および誤り符号検出訂正処理を設けて、復号信頼度の改善を図る。この復号誤りパターン系列（符号誤りシンδροーム）は、対象となる記録・再生系チャンネル306の伝達特性や、符号化・変調処理などによりチャンネル記録符号系列305に付加される拘束条件によって異なった形態をとることになる。本発明実施の原理に述べたように、多くの高密度磁気記録再生系チャ

ネルには、図10(b)で示される2進送信符号系列のクラス4拡張パーシャルレスポンス（EPR4）チャンネルを含めて、パーシャルレスポンス特性多項式 $G(D)=(1-D)(1+D)F(D)$ （ D は1ビット遅延演算子、 $F(D)$ は任意の特性多項式を示す）によって表現される2進符号記録パーシャルレスポンスチャンネルが、しばしば適用される。記録信号系列上の2値信号レベルに2進情報符号を割り当てて記録再生を行うとき、このようなパーシャルレスポンスチャンネルは、一般的に、図8(a)に示すような伝達周波数特性を有し、記録信号周波数に対して、直流周波数成分と最大記録周波数（記録再生符号伝送所要帯域、伝送ナイキスト周波数、記録再生符号伝送周波数 $1/T$ の半分）におけるヌル周波数特性を許容する、これによって、低域遮断特性や狭帯域伝達周波数特性を要求される高密度磁気記録再生系チャンネルへの適用には、好適な伝送特性を有している。この種のパーシャルレスポンスチャンネルでは、特性多項式 $G(D)=(1-D)(1+D)^n$ （自然数 n ）で表記されるクラス4タイプのチャンネル形態が磁気ディスク装置等で積極的に適用されており、 $n=1$ の場合はPR4チャンネル、 $n=2$ の場合は拡張PR4（EPR4）チャンネル、 $n=3$ の場合は拡張EPR4チャンネルと呼ばれて、狭帯域制限された高密度磁気記録再生系チャンネルに極めてよく整合する。高い周波数、あるいは、高い記録密度で情報記録される記録再生系チャンネルでは、信号伝達周波数特性の高域劣化が極めて大となる、クラス4タイプのパーシャルレスポンスチャンネル特性を適用し、図8(a)に示すように、記録再生系の動作条件に対して次数 n を適切に選択することによって、高域劣化の影響の少ない記録再生系チャンネルを実現することができる。

【0065】このような、パーシャルレスポンスチャンネルは、図1実施例等において、記録・再生系チャンネル305上、主に、再生信号処理系306eの（高域遮断）フィルタ回路308aおよび等化処理回路308eを調整して実現される。そして、この種のパーシャルレスポンスチャンネル特性を実現する記録・再生系チャンネル306では、図8(a)に示す伝達周波数特性上のヌル周波数特性から、直流周波数成分のみを有する記録信号系列A331a（同一レベル符号値の非反転連続符号系列に相当）および、最大記録周波数（伝送ナイキスト周波数、記録再生符号伝送周波数 $1/T$ の $1/2$ ）すなわち、該チャンネルの記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する記録信号系列B331b（2値レベル符号値の連続反転符号系列に相当）が、記録信号系列306fとして印加され記録再生されたとき、これに対する該記録・再生系チャンネル306出力での再生信号系列（復号信号系列311）には、いずれの場合も零値連続信号系列が現れるという特徴を有する。

【0066】このような記録・再生系チャンネル306から出力される復号信号系列311を、最尤シーケンス復

号器310を用いて復号した場合、前述のクラス4拡張パーシャルレスポンス(EPR4)チャネルの例に代表して示されたように、その共通したチャネル状態遷移の構造に起因して、再生信号系列(復号信号系列311)間の信号間距離(自乗ユークリッド距離)が小となる、高頻度の復号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)は、1ビット以上の符号長からなる2値レベル符号値の連続反転符号誤りの系列に集中する。すなわち、前述の復号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の表記に従うならば、 n ビット(n は自然数)の連続誤り符号を有する n ビット連続反転符号誤りパターン系列

(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム)332は、
 “...0 0 +1 -1 +1... 0 0...” (下線部は +1 -1 +1...の
 n ビット連続反転符号位置を示す)を表現される。図8

(b)には、 n ビット連続反転符号誤りパターン系列
 (n ビット連続反転符号誤りシンδροーム)332に従う符号誤り事象の例($n=4$ の場合)を示しており、これは、2つのチャネル記録符号系列A332aとチャネル記録符号系列B332b(これを記録する場合に記録信号系列306fとして印加される2つのチャネル記録信号パターンA333aと記録信号パターンB333b)の間に相互に発生する符号誤り事象となる。(復号符号系列上311上、チャネル記録信号パターンA333aをチャネル記録信号パターン系列B332b、または、チャネル記録符号系列A332aをチャネル記録符号系列B332bと復号を誤る。)該記録・再生系チャネル306において、連続誤りの符号長 n に対する各々の符号誤り事象の発生頻度は、復号誤りの要因となる雑音等の相関特性や統計的性質による影響を受け変化するが、相対的に短い符号長 n の n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム)332の符号誤り事象、例えば、符号長3ビット程度までの“...0 +1 0...”, “... 0 +1 -1 0 ...”, “...0 +1 -1 +1 0 ...”に相当する符号誤り事象など)が発生確率の上で支配的となる。

【0067】したがって、該記録・再生系チャネル306に対し、このような所定の符号長 n ビット(上記例では $n=1, 2, 3$ ビット)の連続反転符号系列の誤り事象(n ビット連続反転符号誤りパターン系列332に従う2進符号復号誤り事象)を検出訂正可能とするように第一の誤り訂正符号化処理・誤り符号検出訂正処理を、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器)304および第一の誤り符号検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器)313において施せば、発生確率の高い復号誤り事象から訂正が行われ、有効な復号信頼度の改善が達成できる。

【0068】このように、本実施例では、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器)304において、記録符号系列302に対して構成される誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列)303は、所定の

符号長 n ビット(上記例では $n=1, 2, 3$ ビット)の2値レベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象(n ビット連続反転符号誤りパターン系列332に従う2進符号復号誤り事象)を、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c...内で所定の数 i 個(i は自然数、多くの場合、複数符号長 n が設定され、各誤り事象のいずれかを一つ)以下まで訂正するものとして構成される。また、第一の誤り符号検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器)313では、復号符号系列311に対して、上記の誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列)303を用い、上記の所定の符号長 n ビット(上記例では $n=1, 2, 3$ ビット)以下の2値レベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象(n ビット連続反転符号誤りパターン系列332に従う2進符号復号誤り事象)を、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c...内で上記所定の数 i 個(上記に同じく、設定された複数符号長 n の誤り事象のいずれかを一つ)以下まで検出訂正する処理を行う。また、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c...の符号長は、実際の最尤シーケンス復号器310の復号信頼度から、所望の復号信頼度の改善が得られる符号長を設定する。例えば、当該最尤シーケンス復号器310の復号誤り確率から、当該の復号誤り事象の平均的発生個数が、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c... (復号符号系列ブロック311a、311b、311c...)内において上記所定個 i 個以下(上記例では、1個以下)となるよう、記録符号系列ブロック302a、302b、302c... (復号符号系列ブロック311a、311b、311c...)の符号長を設定すれば復号信頼性改善が得られる。また、複数の記録符号系列ブロック302a、302b、302c... (復号符号系列ブロック311a、311b、311c...)にわたる上記の2値レベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象を訂正する場合には、第一の誤り訂正符号化において設定される所定の符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)として、当該符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)の部分系列を含めて設定する必要がある。本実施例では、予め設定される所定の符号長 $n=1, 2, 3$ ビットの連続反転符号誤りパターン系列(連続符号誤りシンδροーム)の部分列も、またこれに含まれる。

【0069】また、本実施例では、図8(b)に示したチャネル記録符号系列A332aやチャネル記録符号系列B332bのように、最尤シーケンス復号器310から出力される復号符号系列311は、記録信号系列306fが有する2つの記録信号レベルの各々に2進符号を割り当てた符号形態(2値レベル符号、または、NRZ記録符号表現)によって表現され、この符号形態に基づき、高頻度符号誤りパターンとして、 n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシン

ドローム) 332を規定してる。この n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332は、復号符号系列311の符号表現形態が異なる場合(例えば、記録信号系列306f上のレベル反転の有無が2進符号に割り当てられて表現される場合)や、前述のように復号符号系列311に何らかのプリコード処理が施される場合には、復号符号系列311上、異なった符号パターンとして表現される場合もあるが、いずれの場合の符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)表現も、原理的に復号符号系列311に対する符号表現・符号処理の逆変換を行って、図8

(b)のような記録信号系列306f上における2値レベル符号値の系列誤り事象の表現に変換することにより、本実施例の n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332と等価なものであることを検査することができる。本発明に記述される第一の誤り訂正符号化処理や第一の誤り符号検出訂正処理において、設定される符号誤りパターン系列(符号誤りシンδροーム)は、このような復号符号系列311に対する符号表現・符号処理を通じて、等価変換されるすべての場合を含んでおり、この第一の誤り訂正符号化処理や第一の誤り符号検出訂正処理は、記録信号系列306f上、2値レベル符号値系列により表現される上記に述べた符号誤りと等価な誤り事象に対する誤り訂正符号化と検出訂正処理をすべて含むものである。

【0070】次に記録符号変調処理・記録符号復調処理を用いた実施例を示す。図8(b)から明らかなように、 n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332の符号誤り事象は、記録信号系列306f上、記録再生符号周期 T の連続した信号レベル反転が $(n-1)$ 回以上生ずる系列部分においてのみ発生しうる。例えば、記録信号系列306fの連続信号レベル反転が最大2回までに制限されるなら、図8(b)のように $n=4$ ビット長、あるいは、これ以上の符号長 n の n ビット連続反転符号誤りパターン系列332の誤り事象は発生しえない。このことから、符号化・変調処理回路301での記録符号変調処理により、記録信号系列306f上、このような連続信号レベル反転の最大回数を所定回数 k (k は自然数)に制限するように記録信号系列302に符号拘束条件を付加することによって、高発生頻度の n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332の符号誤り事象の最大符号系列長 n を、 $(k+1)$ 以下に制限することができる。この場合、第一の誤り訂正符号化回路(第一の誤り訂正符号器)304において、記録信号系列302に対して構成される誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列)303は、 $(k+1)$ ビット以下の限定された符号長の中から、発生頻度によって、その全て、あるいは、一部を所定符号長 n ビットとして選択し、この所定の符号長 n ビットの2値レ

ベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象(n ビット連続反転符号誤りパターン系列332に従う2進符号復号誤り事象)を、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…内で所定の数 i 個(i は自然数、多くの場合、各誤り事象のいずれかを一つ)以下まで訂正するものとして構成される。また、第一の誤り符号検出訂正処理回路(第一の誤り訂正復号器)313では、復号符号系列311に対して、上記の誤り検査冗長符号列(第一の誤り訂正符号系列)303を用い、上記の所定の符号長 n ビット(上記例では3ビット符号長)以下の2値レベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象(n ビット連続反転符号誤りパターン系列332に従う2進符号復号誤り事象)を、各々の記録符号系列ブロック302a、302b、302c…内で上記所定の数 i 個(上記に同じく、各誤り事象のいずれかを一つ)以下まで検出訂正する処理を行う。記録信号系列306fの連続信号レベル反転の最大回数 k が2に制限される場合、高発生頻度の n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332は、高々、3ビット長以下に限定されるから、この全て、あるいは、一部を対象とする第一の誤り訂正符号化・誤り検出訂正を施せばよい。このような実施例は、符号化や訂正処理を簡素化するのに有効である。

【0071】また、図8(b)から明らかなように、連続記録信号レベル反転の最大回数 k が3に制限される符号拘束条件のもとで、チャネル記録符号系列A332aからチャネル記録符号系列B332bへの復号誤りが生じた場合には、記録信号パターンB333bは明らかにこれに反することになるから、この復号誤りの発生は回避できる。復号符号系列311に対して、この符号拘束条件が考慮されるならば、発生する連続反転符号誤りパターン系列の最大符号系列長 n を、 $k=3$ 以下に制限することができる。最尤シーケンス復号器310における最尤系列推定処理においては、該記録符号変調で付加される連続記録信号レベル反転の最大回数 k に対する符号制約を考慮し、これに不適な復号符号系列311を最尤系列推定の候補から排除して出力することが容易にできる。この時には、高発生頻度の n ビット連続反転符号誤りパターン系列(n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 332の最大符号系列長 n を、 k 以下に制限することができ、第一の誤り訂正符号化・誤り検出訂正の対象となりうる誤り事象をさらに限定できる。

【0072】この、記録符号変調処理・記録符号復調処理を用いた別の実施例としては、記録符号系列302に対する符号拘束条件を時变的あるいは周期的に与える方法がある。これは、記録符号系列302上のある特定の符号時刻から開始する記録符号系列302のパターンにのみ拘束条件を設ける、あるいは、拘束条件を緩める方法であり、例えば、4ビット長の連続反転符号誤りパターン系列を記録符号変調処理と第一の誤り検出訂正処理

により排除しようとする場合、記録符号系列 3 0 2 上のある特定周期をとる符号時刻から開始する連続記録信号レベル反転の最大回数 k のみ 4 を許容し、その他の符号時刻から開始する連続記録信号レベル反転の最大回数 k は 3 までに制限する。前述のように最尤シーケンス復号器 3 1 0 によって、拘束条件を満たさない復号符号系列は候補から排除されるものとするとき、上記の周期的な記録符号変調処理によって、復号符号系列 3 1 1 においても、上の周期の当該の符号時刻に対応する限定された 4 連続符号個所でのみに 4 ビット長連続反転符号誤りパターン系列の符号誤り発生が許容され、他の符号時刻に対応する 4 連続符号個所では、その発生は制限される。したがって、この 4 ビット長連続反転符号誤りパターン系列が発生しうる周期的に限定された符号個所のみを対象として、4 ビット長連続反転符号誤りパターン系列の誤り訂正を行うための第一の誤り訂正符号化・誤り符号訂正処理を施す。このように時変・周期的に、拘束条件を緩めることにより記録符号変調処理における符号冗長度付加の負担を緩めることができ、これを第一の誤り訂正符号化・誤り符号訂正処理で補うことで、記録再生系の総合的な復号信頼度を高める。

【0073】さらに、図 8 (b) から明らかなように、上記のような 2 値レベル符号値連続反転符号系列の復号誤り事象 (n ビット連続反転符号誤りパターン系列 3 3 2 に従う 2 進符号復号誤り事象) は、記録符号系列 3 0 2 および復号符号系列 3 1 1 上で、連続記録信号レベル反転が生ずる符号個所においてのみ発生することが明らかであるから、記録符号系列 3 0 2 および復号符号系列 3 1 1 上を参照し、当該の符号系列パターンに対応する符号個所を、当該の連続反転符号系列の復号誤り事象が起こりうる位置として限定することができる。図 9

(a) は、これを実施するための構成を示すものであり、記録過程では、記録符号系列 3 0 2 を参照して、所定の符号誤りシンδροームが発生しうる特定の符号系列パターンの個所を照合するための符号系列パターン照合回路 3 3 4、照合された当該符号系列パターンの符号位置を指示する符号系列パターンポインタ 3 3 5、符号系列パターンポインタ 3 3 5 の情報を受け、当該の符号誤りシンδροームに対する第一の誤り訂正符号化の対象符号位置を指示する符号化ポインタ 3 3 7、これを発生する符号化ポインタ生成回路 3 3 6 が備えられる。第一の誤り訂正符号化回路 (第一の誤り訂正符号器回路) 3 0 4 では、記録符号系列 3 0 2 上の符号化ポインタ 3 3 7 が指示する符号位置を対象として、当該の符号誤りシンδροームに対する第一の誤り訂正符号化を施す。再生過程では、同様に、復号符号系列 3 1 1 を参照して、所定の符号誤りシンδροームが発生しうる特定の符号系列パターンの個所を照合するための符号系列パターン照合回路 3 3 4、照合された当該符号系列パターンの符号位置を指示する符号系列パターンポインタ 3 3 5、符号系列

パターンポインタ 3 3 5 の情報を受け、当該の符号誤りシンδροームに対する第一の誤り符号検出訂正処理の対象符号位置を指示する訂正ポインタ 3 3 9、これを発生する訂正ポインタ生成回路 3 3 8 が備えられる。第一の誤り符号検出訂正回路 (第一の誤り訂正復号器回路) 3 1 3 では、復号符号系列 3 1 1 上、訂正ポインタ 3 3 9 が指示する符号位置を対象として、当該の符号誤りシンδροームに対する第一の誤り符号検出訂正処理を施す。以上の本発明実施の形態は、第一の誤り訂正符号化に対する記録過程の手段のみを実施するものでもよいし、第一の誤り符号検出訂正処理に対する再生過程の手段のみを実施するものでもよく、これらは、第一の誤り訂正符号化または第一の誤り符号検出訂正処理における構成の単純化あるいは誤り訂正精度の向上をもたらす。

【0074】さらに、上記、図 8 (a) に述べた特徴を有する信号伝達特性特性の記録・再生系チャネル 3 0 6、すなわち、一般に前述の伝達多項式 $G(D)$ で表されるような記録・再生系チャネルでは、図 8 (c) に示すように、記録信号系列 3 0 6 f の単一の孤立信号レベル反転 3 4 0 に対する再生信号処理系 3 0 6 e 出力での応答信号波形を、意図的に位相歪みを与えて時間的前後に傾け、非対称形状応答信号 3 4 1 となるようにすることが、より好ましい。通常、よく用いられ特性多項式 $G(D) = (1-D)(1+D)^n$ (自然数 n) で表記されるクラス 4 タイプのパーシャルレスポンスチャネルは、いずれも対称な応答信号形状をとるが、これを非対称な応答信号形状とすることで、上述の高発生頻度発生する n ビット連続反転符号誤りパターン系列 (n ビット連続反転符号誤りシンδροーム) 3 3 2 の符号長を確率的、相対的に短くすることができる。これは、非対称性によって、再生信号系列間のユークリッド距離が小となる符号系列の組み合わせが確率的に減少するためであり、この事実は、本発明の実施において第一の誤り訂正符号化の誤り訂正効果を向上させ、実現を簡素化するうえでより好ましい。また、このような非対称応答信号波形は、記録・再生系チャネル 3 0 5 上、主に、再生信号処理系 3 0 6 e の (高域遮断) フィルタ回路 3 0 8 a および等化处理回路 3 0 8 e を調整して、実現することができ、孤立記録信号レベル反転に対する再生信号処理系 3 0 6 e 出力での該応答信号波形を、再生信号系列 3 0 6 g おける該応答信号波形の最小位相推移波形特性に近づけることで、図 8

(a) の非対称形状応答信号チャネル特性 3 4 2 が示すように、上記のクラス 4 タイプのパーシャルレスポンスチャネルに比して、対象となる記録・再生系チャネル 3 0 6 の伝達周波数特性との、よりよい整合を図りながらこれを実現することが可能である。高密度磁気記録再生装置において、これを実現するに適したパーシャルレスポンスチャネルの 4 次伝達多項式としては、 $G(D) = (1-D)(1+D)(5+4D+2D^2)$ などがあり、これは、拡張 EPR 4 チャネルと同等のチャネルメモリ数を有して、同等規模の最

尤シーケンス復号器 310 により復号がなされる。

【0075】また、記録再生装置や記録再生系では、記録再生装置・条件や使用環境条件の違い、さまざまな外乱要因によって、最尤シーケンス復号器 310 における復号誤り特性は、記録再生系や装置ごと、あるいは、経時的にも変化する場合が多い。また、実際の記録再生装置や系では、非線型な物理現象などに起因して、予期しづらい固有の復号誤り事象が発生することもしばしば起こり得る。このように復号誤り特性にばらつきが生じる記録再生装置や記録再生系では、第一の誤り訂正符号化・誤り符号検出訂正処理において設定される所定の復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を予め固定のものとするのは好ましくない。設定される所定の復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）として複数のものを容易し、実際の記録再生装置や記録再生系における復号誤り特性の統計情報を収集して、これを適宜、選択して用いることが望ましい。

【0076】図 9（b）は、この場合の実施例、本発明における第 5 の基本的実施例を示すものである。本実施例では、実際の最尤シーケンス復号器 310 から出力される復号符号系列 311 上の符号誤りと復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を検知するための符号誤りシンδροーム検出回路 343 が設けられる。復号符号誤りシンδροーム検出回路 343 では、既知のチャネル記録符号系列 305 と、該記録符号系列 30 を対象の記録・再生系チャネル 306 によって記録再生して出力される復号符号系列 311 とを照合して、復号誤りを検知して、復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を判定する。各々の復号符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）の事象の区別の方法は、前述した通りであり、判定された符号誤りシンδροームのパターンは、シンδροーム出力信号 344 によって出力指示される。符号誤りシンδροーム集計回路 345 では、シンδροーム出力信号 344 によって指示された符号誤りシンδροームの発生頻度をカウントし、選択信号 346 および選択回路 347 を介して、発生頻度の高い符号誤りシンδροームに対応した第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 および第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313 を複数の中から選択して、これを実際の情報記録・再生処理において使用する。このような符号化・訂正処理における符号誤りシンδροームの変更は、図 9（b）のように予め設定された複数の符号誤りシンδροーム処理の候補の中から、これに対応する回路手段を選択するものであってもよいし、符号誤りシンδροーム集計回路 345 で選択された符号誤りシンδροーム処理に対応して、第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）304 および第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）313 における符号化構成・訂正処理構成を論理的あるいはプログラマブルに変更するものであ

てもよい。以上のような手段を設けて、記録・再生装置あるいは記録再生系の生産時、あるいは、情報記録再生動作の開始前や動作中のアイドル期間に、既知のチャネル記録符号系列 302 をテスト符号系列として与えて、上記のような最適化動作を行わせれば、実際の記録再生装置において、第一の誤り訂正符号化・誤り符号検出訂正処理をより効果的に実施することができる。

【0077】以上、本発明の実施は、いずれも既存のデジタル回路技術を用いて容易に構成することが可能であり、これを、単一の集積回路に搭載、あるいは複数の集積回路群に分割して搭載し、高速・小型かつ低電力の情報記録再生回路を提供することができる。このような集積回路に搭載された形態で実現される情報記録再生回路は、より高密度記録を要求される小型携帯型の記録再生装置に容易に搭載することができ、データ復調の高信頼化を提供できる。また、本発明の実施例において、情報記録再生方法および記録再生回路・装置は、いずれも、記録過程（記録回路、記録装置）、再生過程（再生回路、再生装置）、記録媒体を統合した形態で記述されるが、これは本発明を実施する上での構成要件ではない。各々は、独立に構成されるものであってよく、機能の上で、本実施例の記述の如く統合可能であればよい。本発明が実施される記録過程（記録回路、記録装置）、再生過程（再生回路、再生装置）、記録媒体の、各々の構成には、第一の誤り訂正符号化処理（符号化回路、符号化手段）、第一の誤り符号検出訂正処理（訂正回路、訂正手段）、第一の誤り訂正符号系列などが分離して含まれるから、これらは独立に構成されても、各々の構成における本発明の実施は明瞭であり、また、各々の構成が統合された場合に実現される本発明の機能も明瞭である。とりわけ、半導体集積回路へ本発明が搭載される場合には、他の実現機能との集積の利便から、本発明の構成要件を複数の集積回路群に分離して搭載するさまざまな実現形態がとられ得る。本発明の範疇は、記述された本発明の特徴を含んで、分離して構成される記録過程（記録回路、記録装置）、再生過程（再生回路、再生装置）、記録媒体、あるいは、他のあらゆる分離構成の形態を含むものである。

【0078】

【発明の効果】簡便な回路資源と低い冗長度の誤り訂正符号を用いて、最尤シーケンス検出による復号処理の復号信頼度を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の基本的実施例を示す図である。

【図 2】第一の基本的実施例における符号系列の流れを説明するための図である。

【図 3】本発明の第二の基本的実施例を示す図である。

【図 4】本発明の第三の基本的実施例を示す図である。

【図 5】第三の基本的実施例における符号系列の流れを説明するための図である。

【図6a】本発明における記録フレームの記録符号形態を説明するための図である。

【図6b】 n インタリーブ処理による本発明における情報符号フレームの記録符号形態を説明するための一例を示す図である。

【図6c】 n インタリーブ処理による本発明における情報符号フレームの記録符号形態を説明するための他の一例を示す図である。

【図7】消失誤り訂正処理を用いる本発明の基本的実施例を示す図である。

【図8a】パーシャルレスポンス記録再生系チャンネル伝達周波数特性を示す図である。

【図8b】2進パーシャルレスポンス記録再生系チャンネルにおける n ビット連続反転符号誤り事象を示す図である。

【図8c】孤立記録信号レベル反転に対する再生応答信号波形形状を示す図である。

【図9a】本発明の第四の基本的実施例を示す図である。

【図9b】本発明の第五の基本的実施例を示す図である。

【図10a】情報伝送系または記録再生系における情報系列の流れを示す図である。

【図10b】EPR4パーシャルレスポンス伝走路チャンネルモデルを示す図である。

【図10c】状態遷移図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図10d】時刻 k におけるトレリス遷移を示す図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図10e】時刻 k における各状態へのパス遷移を示す図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図10f】時刻 $k \sim k+4$ における状態遷移パス例を示す図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図11a】ビタビ復号処理を実施する具体的構成要素を説明するための図である。

【図11b】ビタビ・アルゴリズムによる最尤復号器（最尤シーケンス復号器、ビタビ復号器）の構成を示す図である。

【図12】生き残りパス系列選択による最尤復号処理過程を説明するためのトレリス線図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図13a】最尤復号処理過程における正規パス系列と誤りパス系列の関係を説明するための第1のトレリス線図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）である。

【図13b】最尤復号処理過程における正規パス系列と誤りパス系列の関係を説明するための第2のトレリス線図（2進符号送信系列EPR4伝走路チャンネル）であ

る。

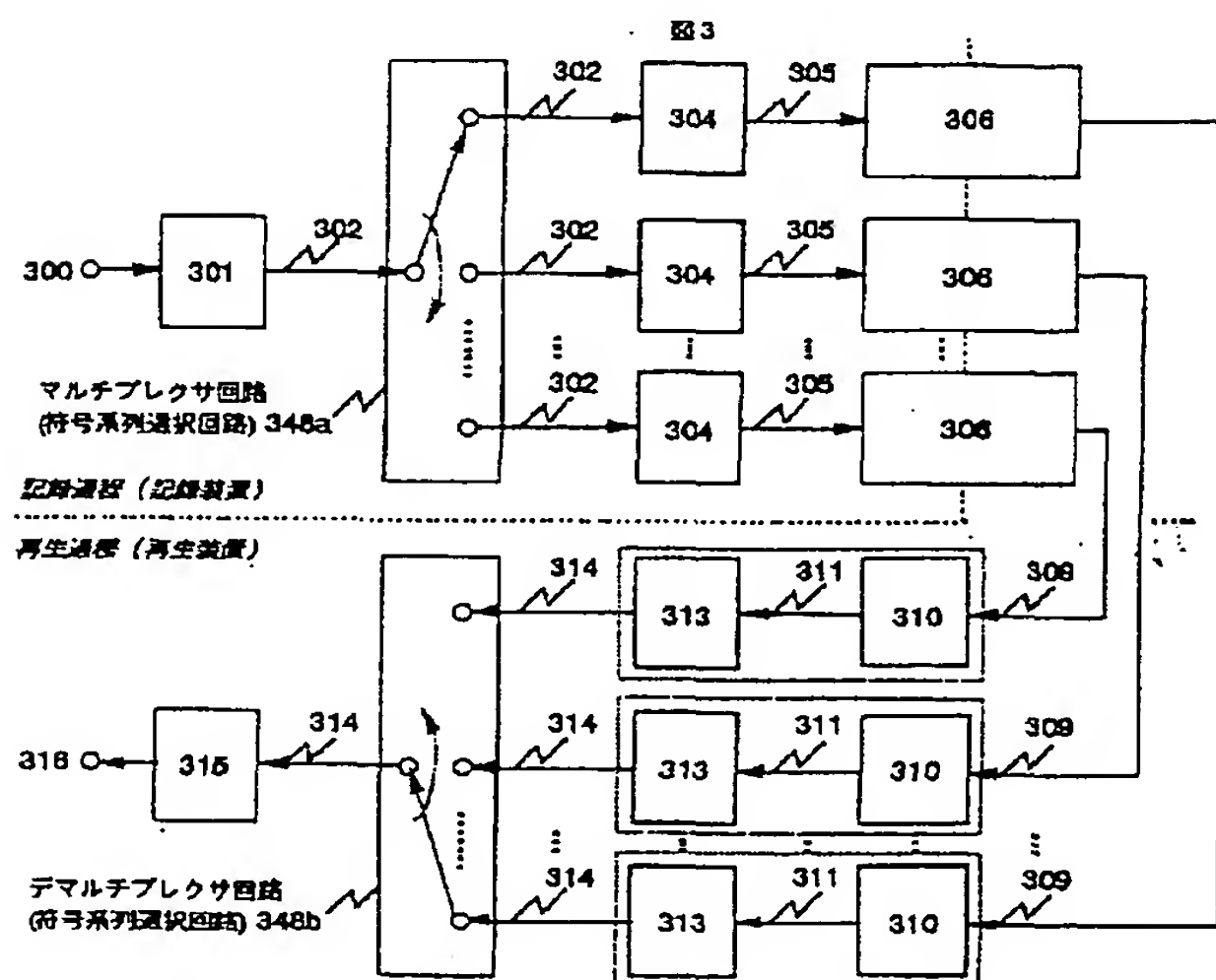
【符号の説明】

100…送信符号系列、101…情報伝送系、102…符号器、103…変調器、104…チャンネル、105…付加雑音、106…受信信号処理回路、107…受信（復号入力）信号系列、108…最尤シーケンス復号器、109…復号符号系列、110a、110b、110c…1ビット遅延記憶要素、111a、111b、111c…加減演算要素、112…パス系列、112a、112b…状態遷移パス（パスブランチ）、113…生き残りパス系列、114…確定最尤パス系列、115…正規パス系列、116…誤りパス系列、117…誤りパス選択、119…復号誤りパターン系列、121a…1ビット復号誤りパターン、121b…3ビット符号誤りパターン、122…誤りパス選択検出位置、200a…ブランチメトリック演算部、200b…ACS演算部、200c…パスメモリ部、201…自乗誤差演算回路、202a～202h…メトリック記憶回路、203…メトリック累積加算回路、204…比較器、205…選択信号、206…メトリック選択回路、207a～207h…パス履歴記憶回路、208、208a～208h…パス履歴選択回路、300…情報符号系列、300a…情報符号系列（1）、301…符号化・変調処理回路、302記録符号系列、302a、302b、302c…記録符号系列ブロック、303…誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）、303a、303b、303c…誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）、304…第一の誤り訂正符号化回路（第一の誤り訂正符号器回路）、304a…誤り訂正符号列生成回路、304b…誤り訂正符号列挿入回路、305…チャンネル記録符号系列、306…記録・再生系チャンネル、306a…記録信号処理系、306b…記録ヘッド、306c…記録媒体、306d…再生ヘッド、306e…再生信号処理系、306f…記録信号系列、306g…再生信号系列、307a…符号処理回路、307b…符号信号変換回路、307c…記録信号処理回路、307d…記録信号増幅器、308a再生信号増幅器、308b…可変利得増幅回路、308c…（高域遮断）フィルタ回路、308d…サンプリング回路（アナログ／デジタル変換器）、308e…等化处理回路、308f…タイミング再生・利得制御回路、308g…利得制御信号、308h…サンプルタイミング制御信号、309…復号信号系列、310…最尤シーケンス復号器、311…復号符号系列、311a、311b、311c…復号符号系列ブロック、312、312a、312b、312c…復号誤り検査冗長符号列（第一の誤り訂正符号系列）、313…第一の誤り検出訂正処理回路（第一の誤り訂正復号器回路）、313a…符号誤り検査訂正回路、313b…誤り検査冗長符号系列除去回路、314…訂正復号符号系列、315…復調処理回路、316…再生符号系

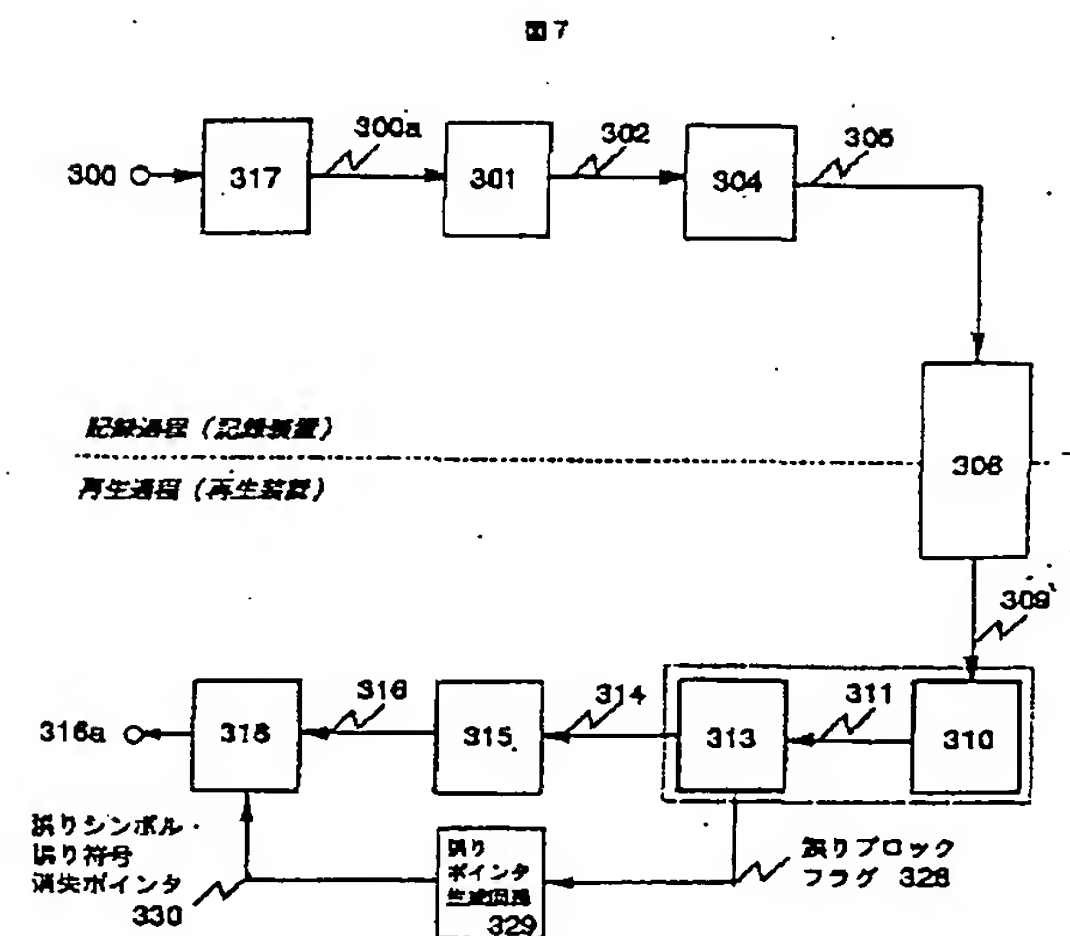
列、316a…再生符号系列(1)、317…第二の誤り訂正符号化回路(第二の誤り訂正符号器回路)、318…第二の誤り検出訂正処理回路(第二の誤り訂正復号器回路)、319、319a、319b、319c…情報符号フレーム、320、320a、320b、320c…誤り検査冗長符号列(第二の誤り訂正符号系列)、328a…誤り検査冗長符号列A(第二の誤り訂正符号系列)、328b…誤り検査冗長符号列B(第二の誤り訂正符号系列)、328c…誤り検査冗長符号列C(第二の誤り訂正符号系列)、328d…誤り検査冗長符号列D(第二の誤り訂正符号系列)、321、321a、321b、321c…記録符号フレーム322、322a、322b、322c…誤り検査冗長符号変換列(第二の誤り訂正符号系列)、328a…誤り検査冗長符号変換列A(第二の誤り訂正符号系列)、328b…誤り検査冗長符号変換列B(第二の誤り訂正符号系列)、328c…誤り検査冗長符号変換列C(第二の誤り訂正符号系列)、328d…誤り検査冗長符号変換列D(第二の誤り訂正符号系列)、323、323a、323b、323c…復号符号フレーム、324、324a、324b、324c…復号誤り検査冗長符号変換列(第二の誤り訂正符号系列)、325、325a、325b、325c…再生符号フレーム、326、326a、326

b、326c…復号誤り検査冗長符号列(第二の誤り訂正符号系列)、327…情報シンボル、328…誤りブロックフラグ、329…誤りポイント生成回路、330…誤りシンボル・誤り符号消失ポイント、331a…記録信号系列A、331b…記録信号系列B、332…nビット連続反転符号誤りパターン系列(nビット連続反転符号誤りシンδροーム)、332a…チャネル記録符号系列A、332b…チャネル記録符号系列B、333a…記録信号パターンA、333b…記録信号パターンB、334…符号系列パターン照合回路、335…符号系列パターンポイント、336…符号化ポイント生成回路、337…符号化ポイント、338…訂正ポイント生成回路、339…訂正ポイント、340…孤立信号レベル反転、341…非対称形状応答信号、342…非対称形状応答信号チャネル特性、343…符号誤りシンδροーム検出回路、344…シンδροーム出力信号、345…符号誤りシンδροーム集計回路、346…選択信号、347…選択回路、348a…マルチプレクサ回路(符号系列選択回路)、348b…デマルチプレクサ回路(符号系列選択回路)、349…記録フレーム(情報符号部)、349a…プリアンプル、349b…ポストアンプル。

【図3】



【図7】



【図1】

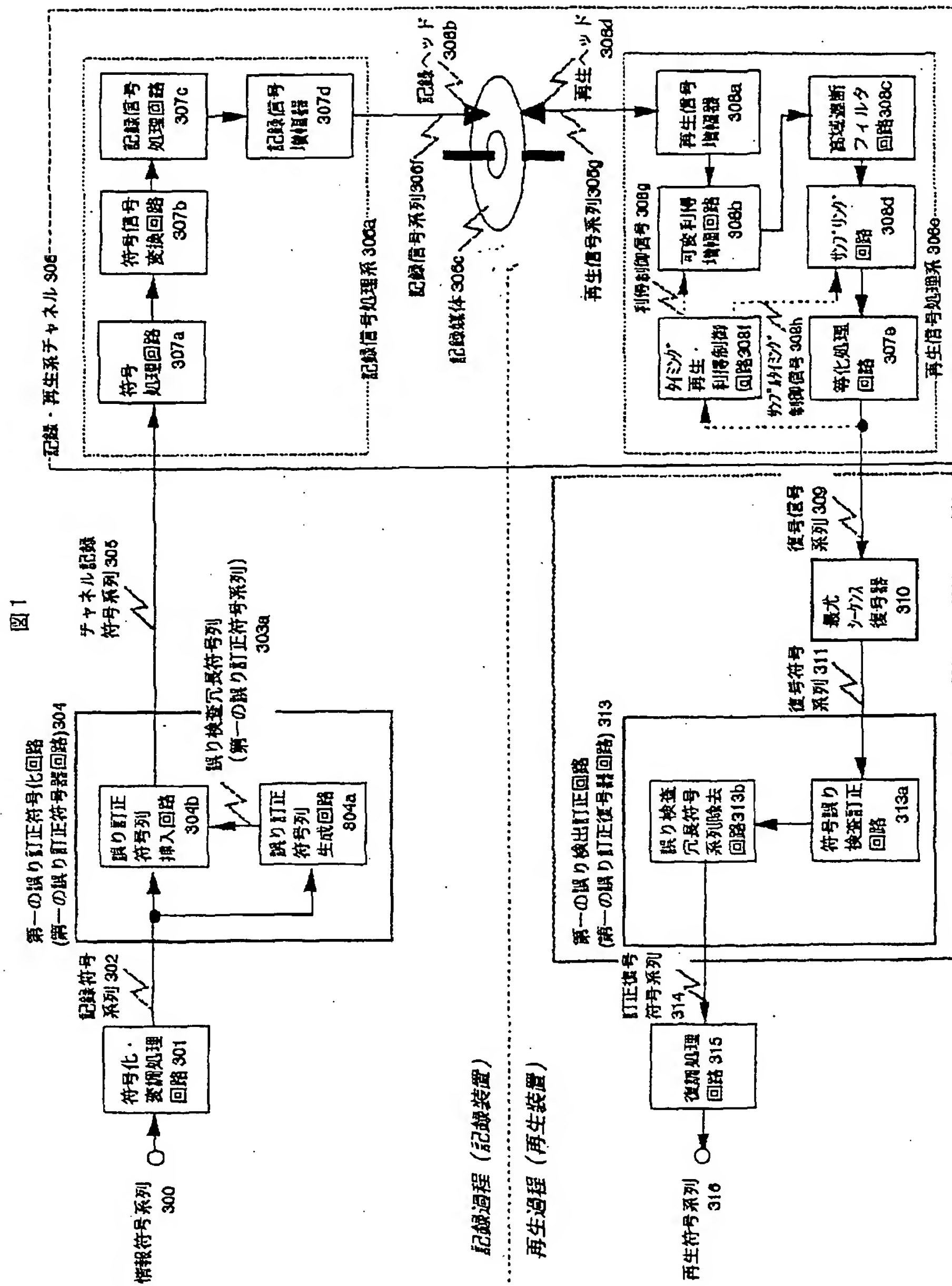
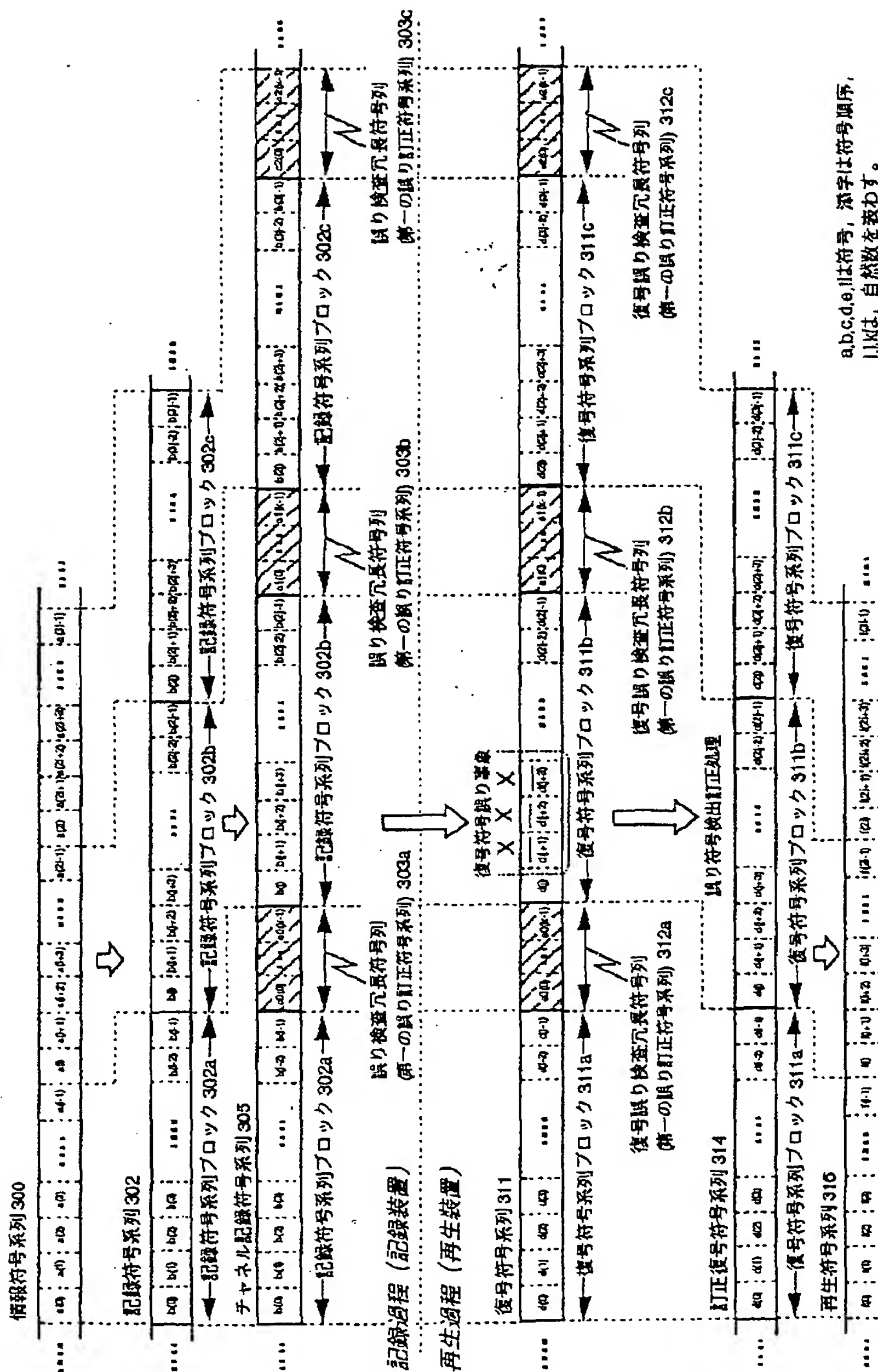
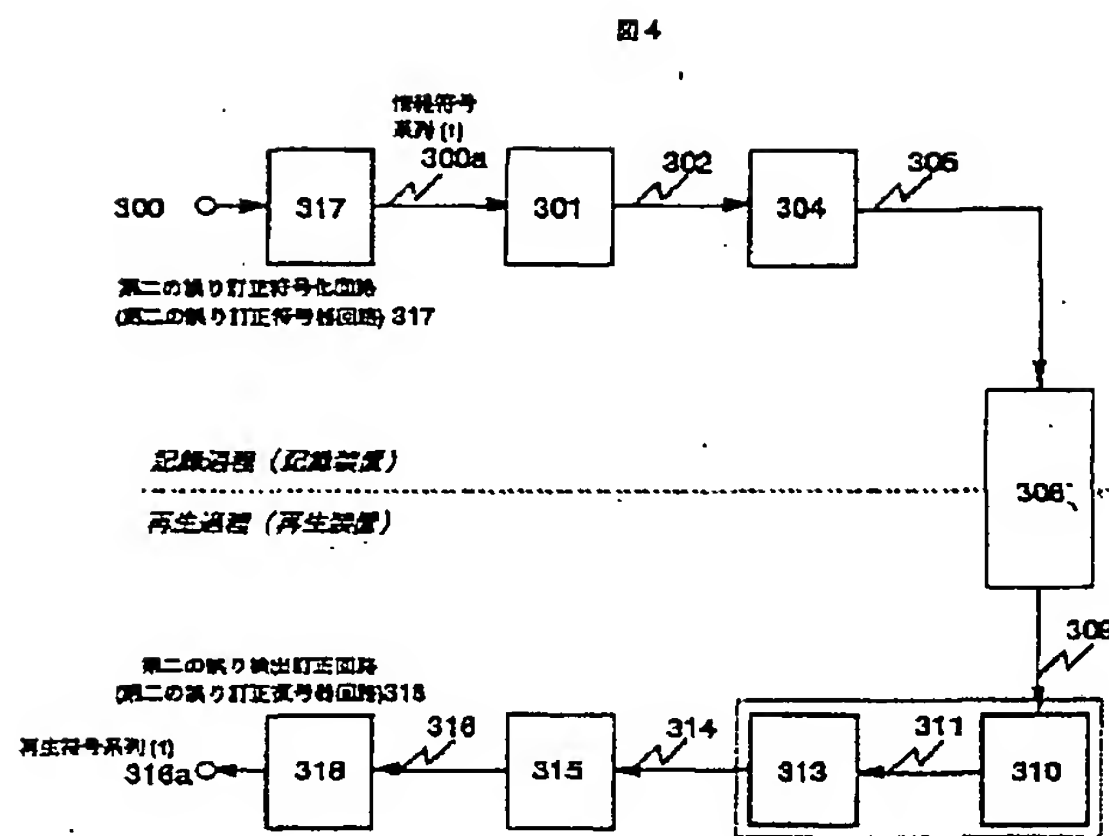


图 2

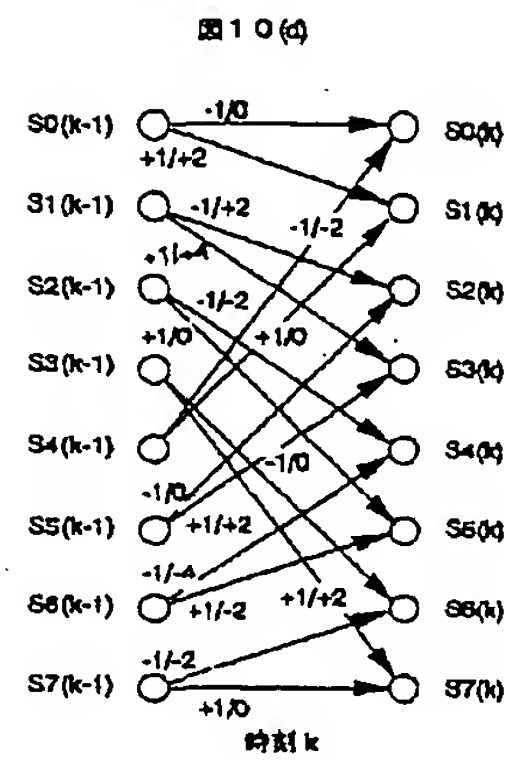


a, b, c, d, e, l は符号，添字は符号順序，
j, k は，自然数を表わす。

【図4】

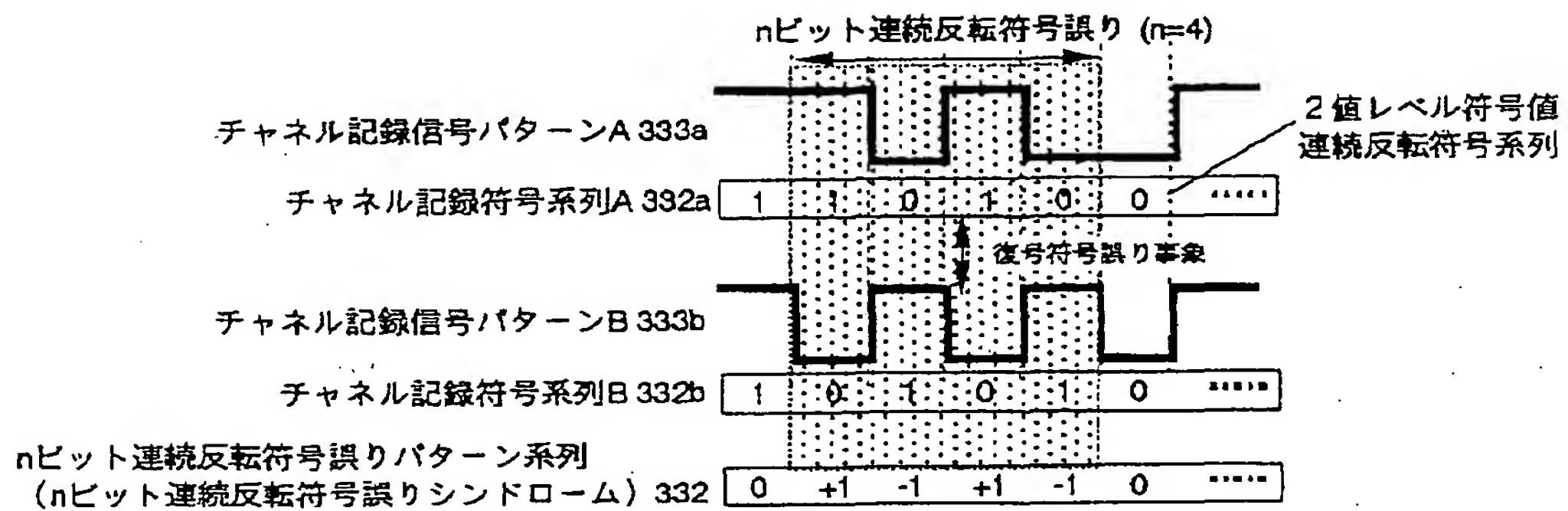


【図10d】



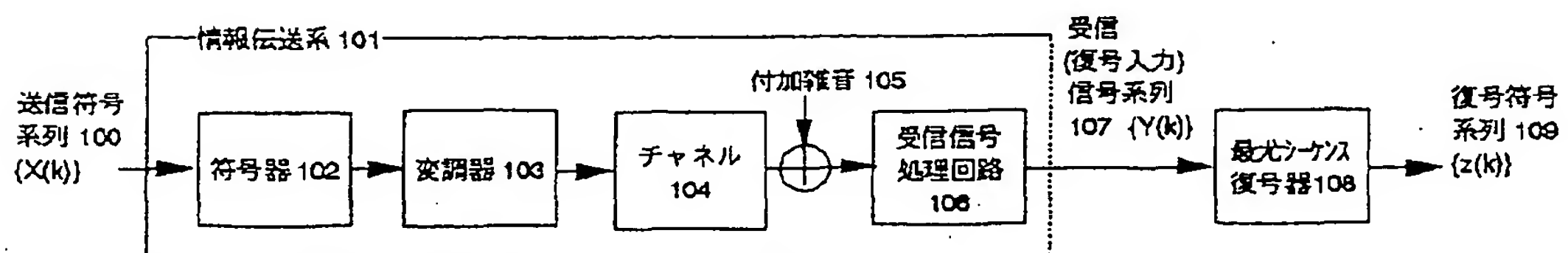
【図8b】

図8 (b)



【図10a】

図10(a)



【図 5】

図 5

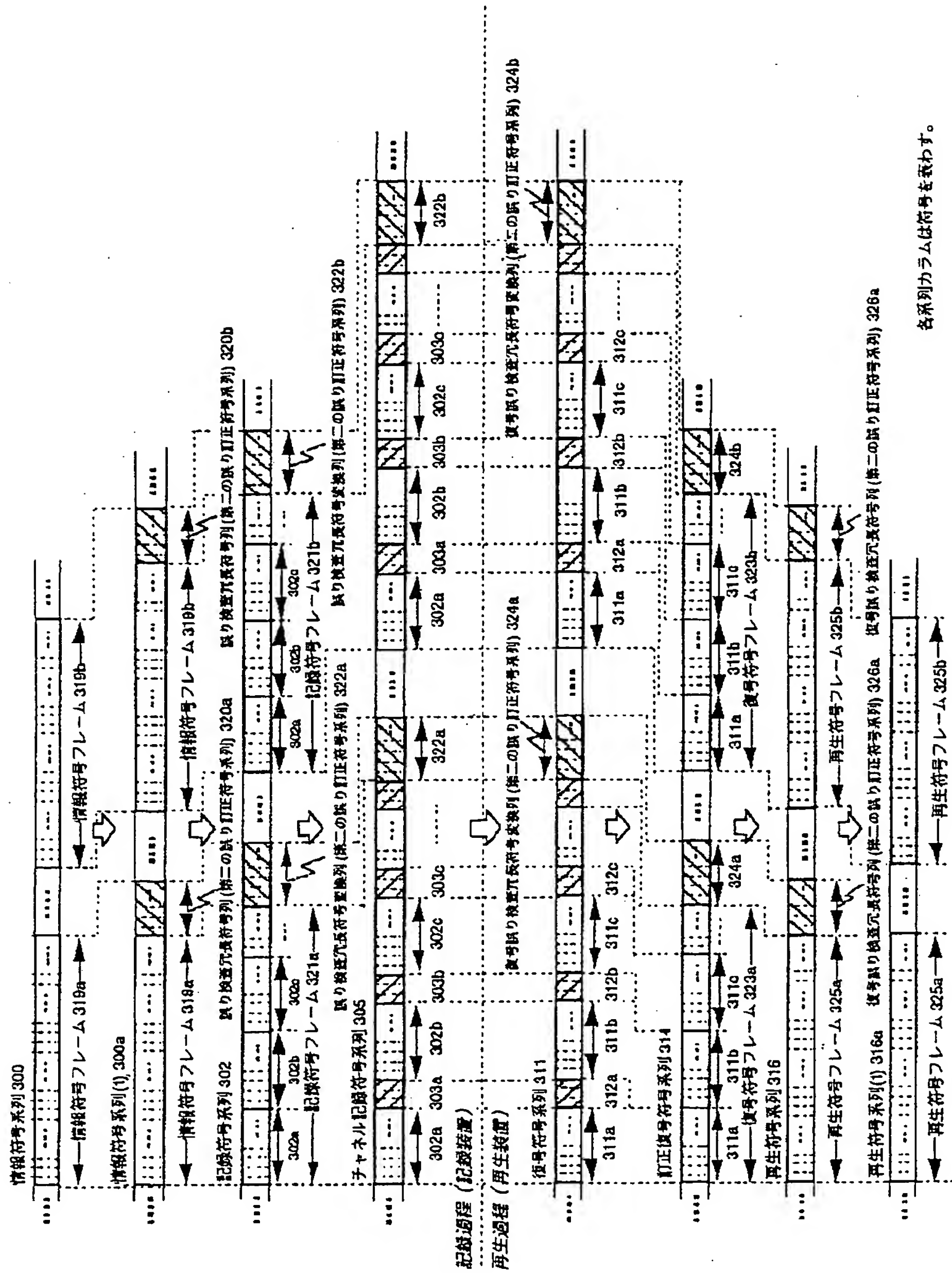
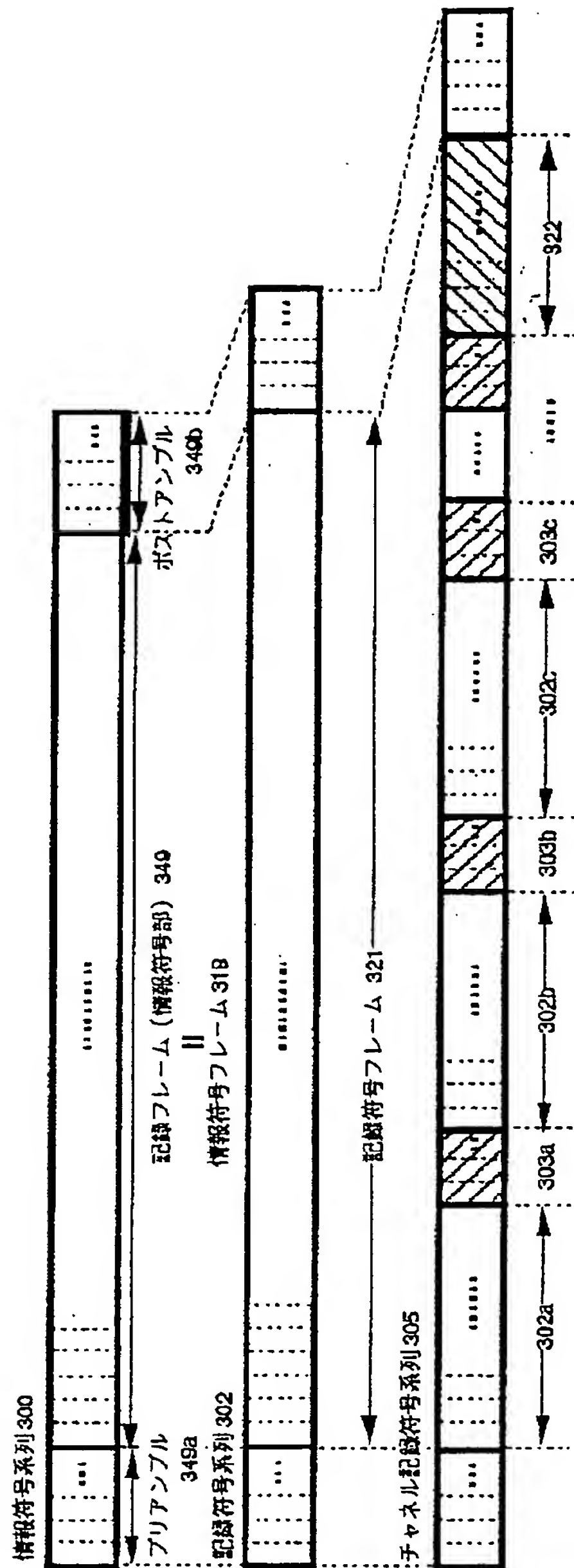


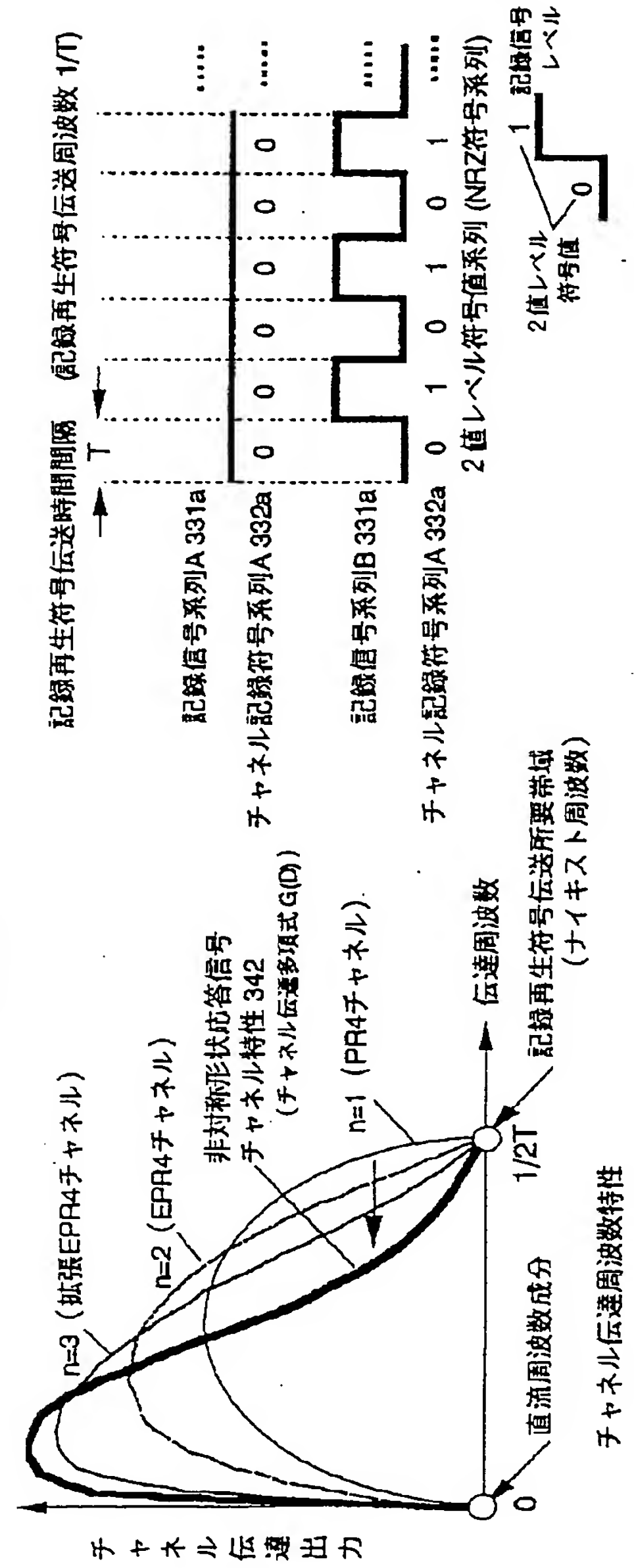
図6 (a)



【図6 a】

各系列カラムは、
符号を表わす。

図8 (a)

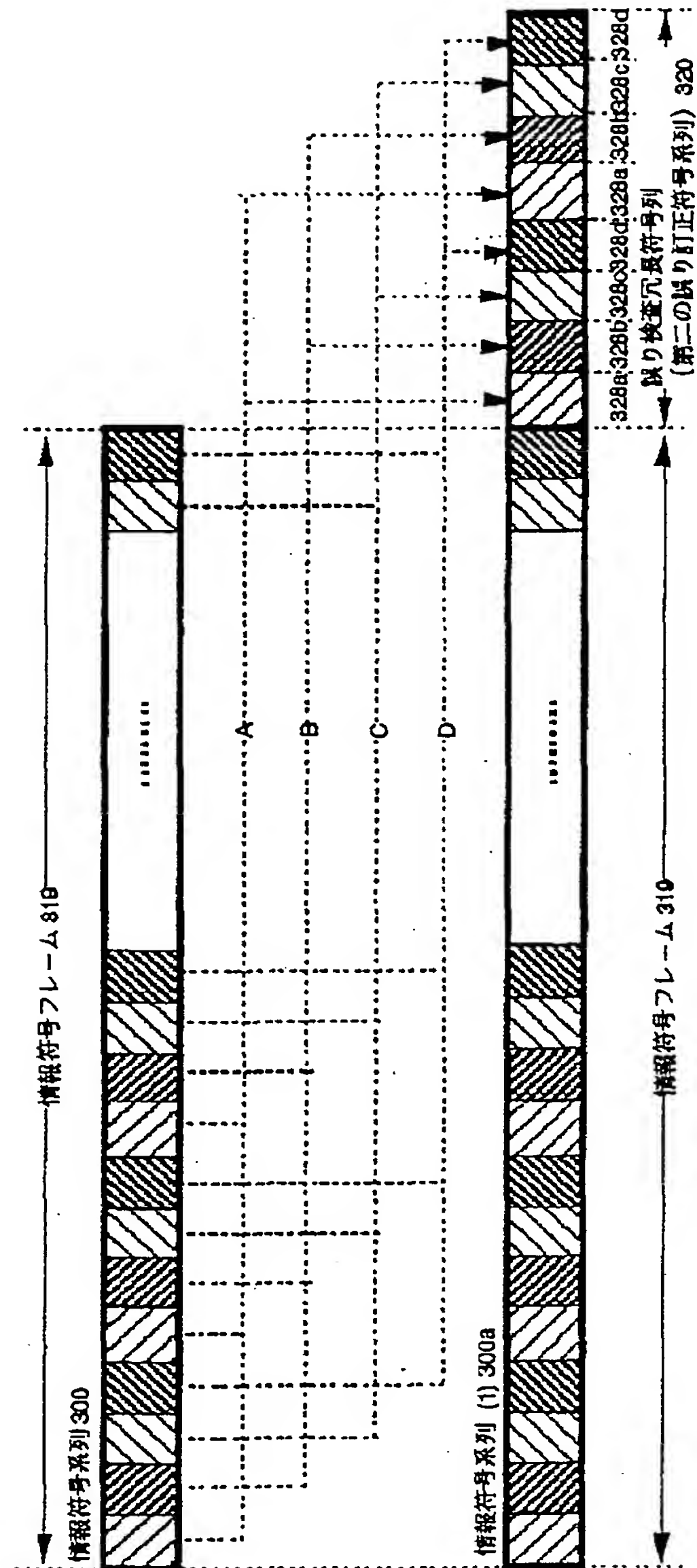


【図8 a】

チャンネル伝達周波数特性

【図 6 b】

図 6 (b)

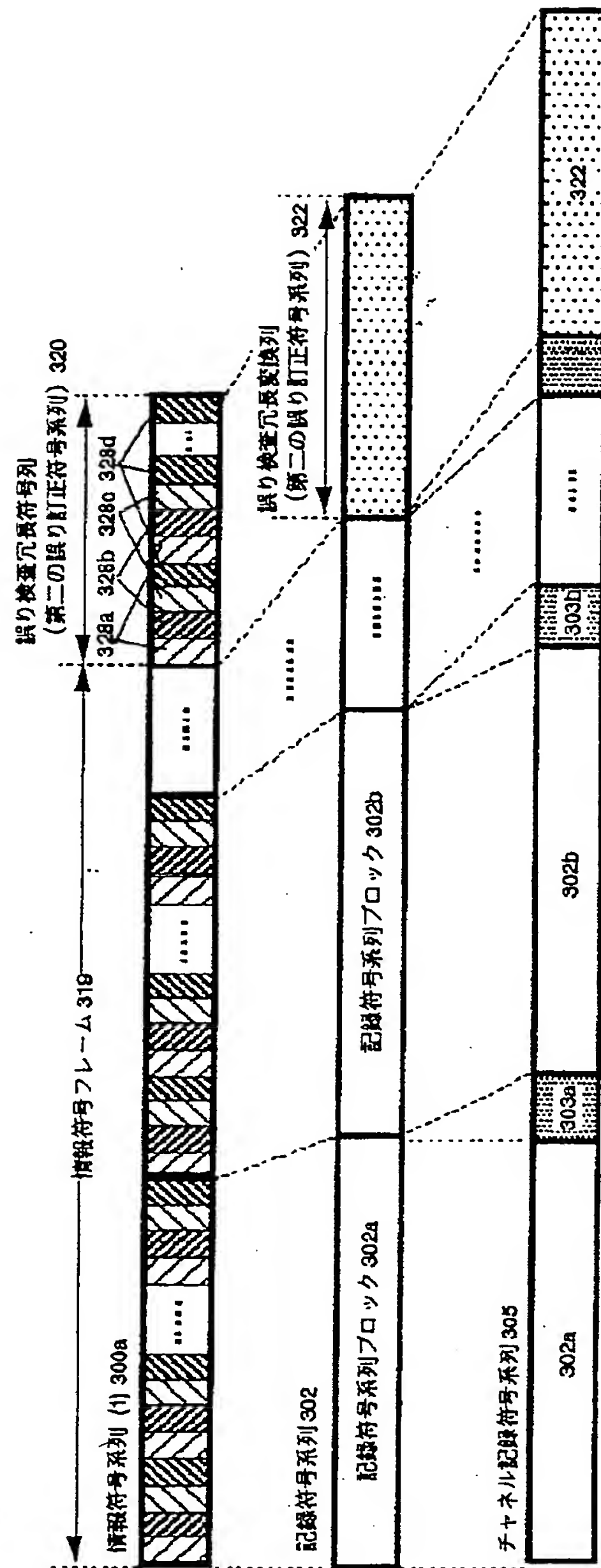


誤り検査冗長符号系列A (第二の誤り訂正符号系列) 328a
誤り検査冗長符号系列B (第二の誤り訂正符号系列) 328b
誤り検査冗長符号系列C (第二の誤り訂正符号系列) 328c
誤り検査冗長符号系列D (第二の誤り訂正符号系列) 328d

各系列カラムは、情報シンボル327
を表わす。

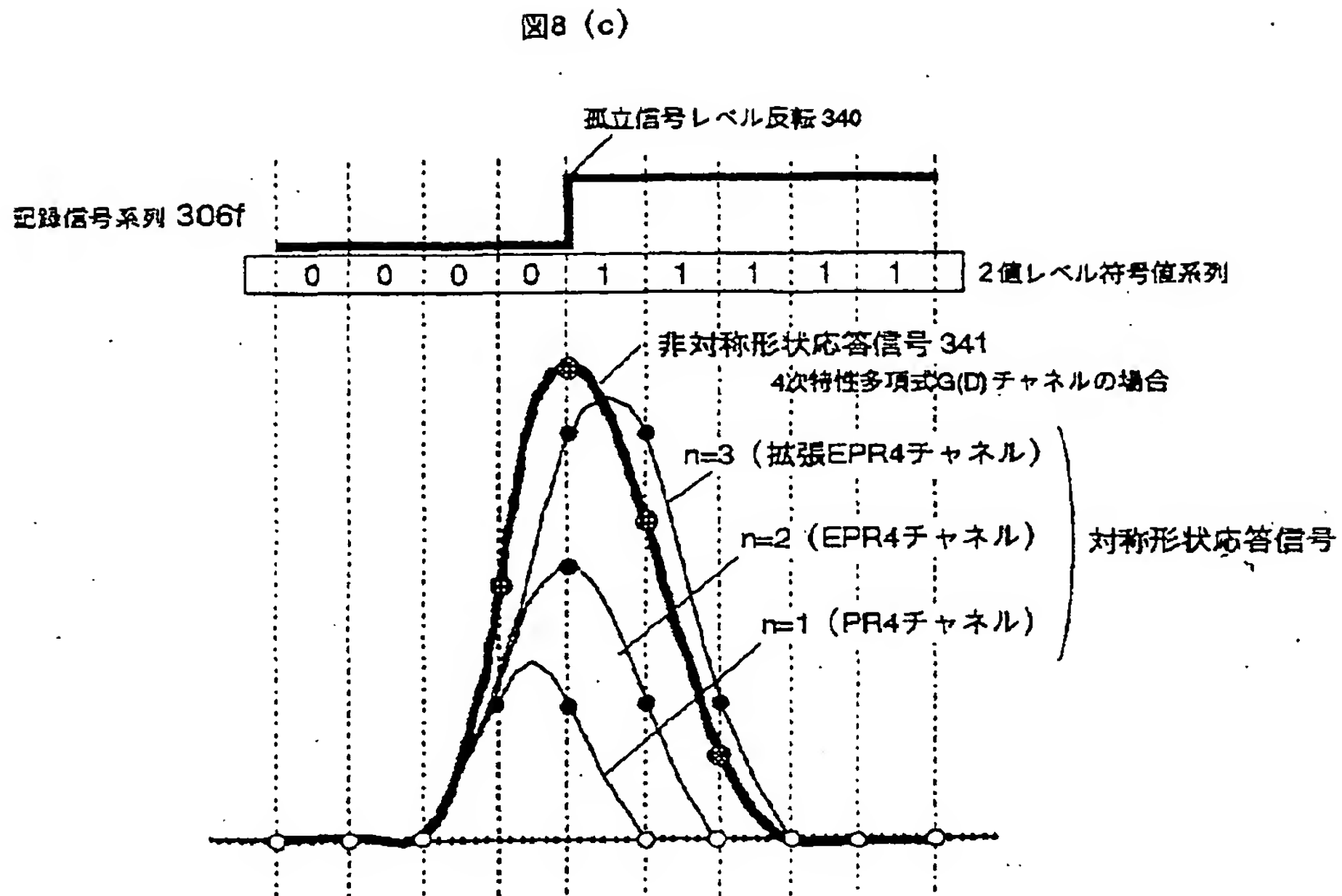
【図 6 c】

図 6 (c)



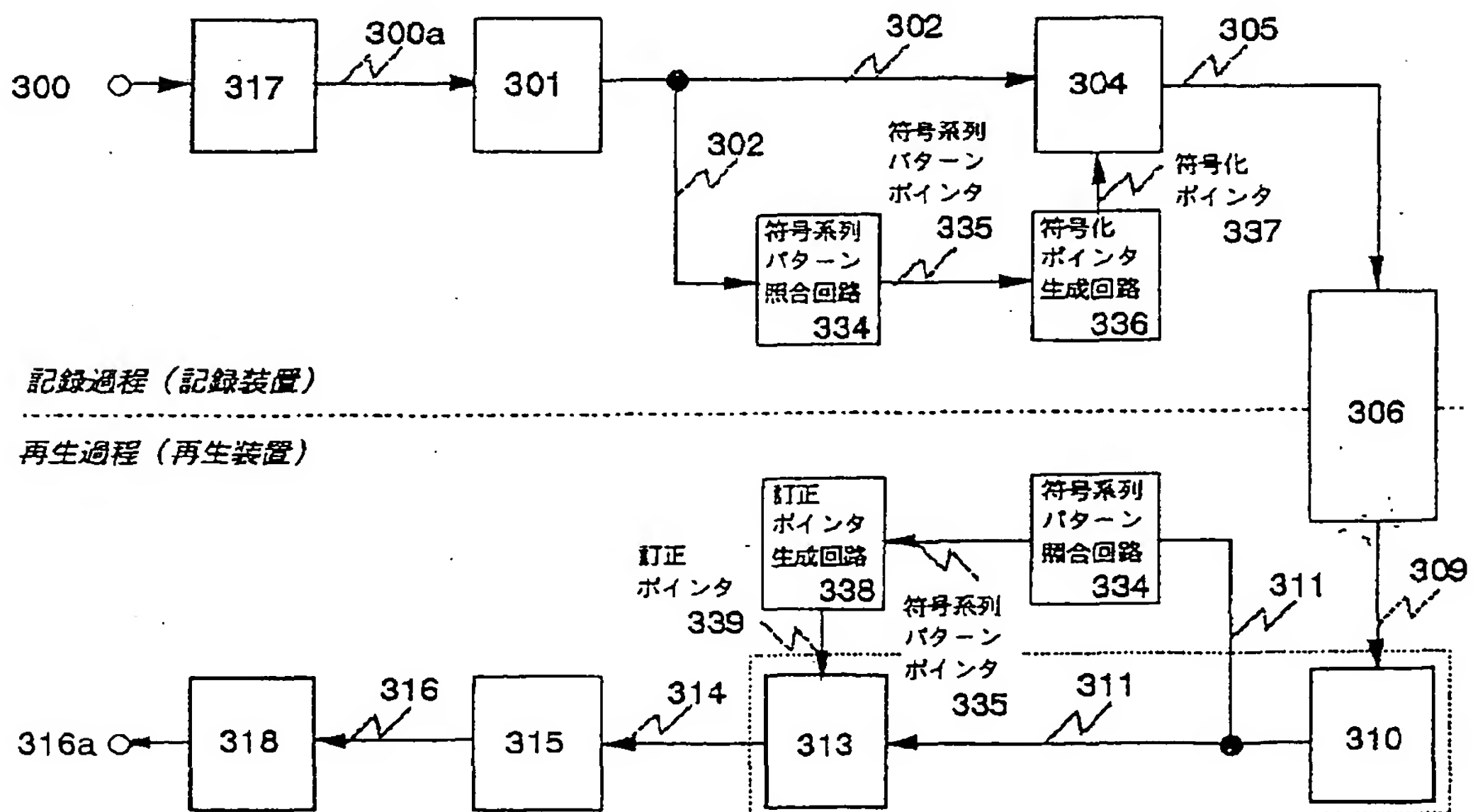
各系列カラムは、情報シンボル327
を覆わす。

【図8c】

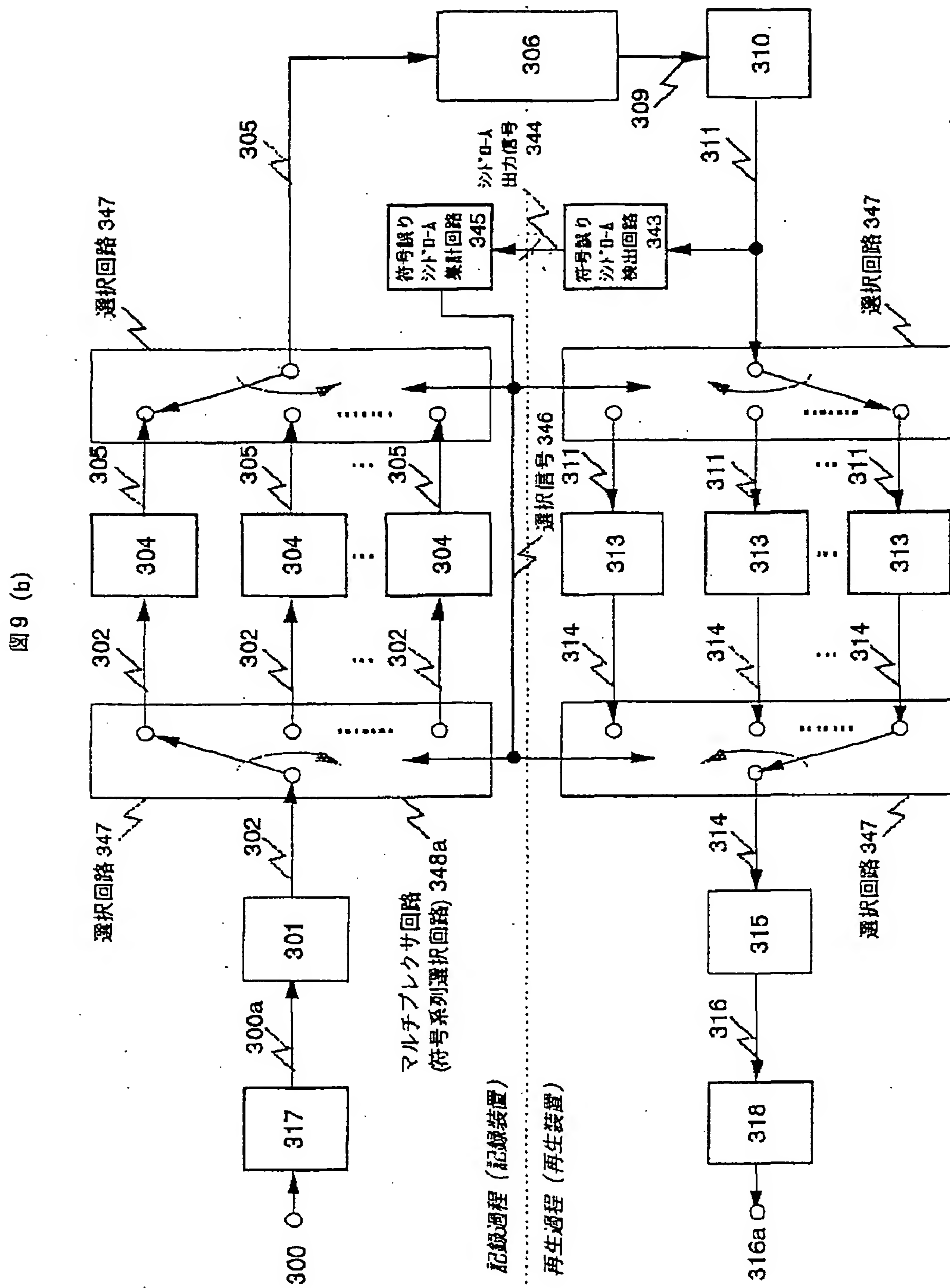


【図9a】

図9 (a)

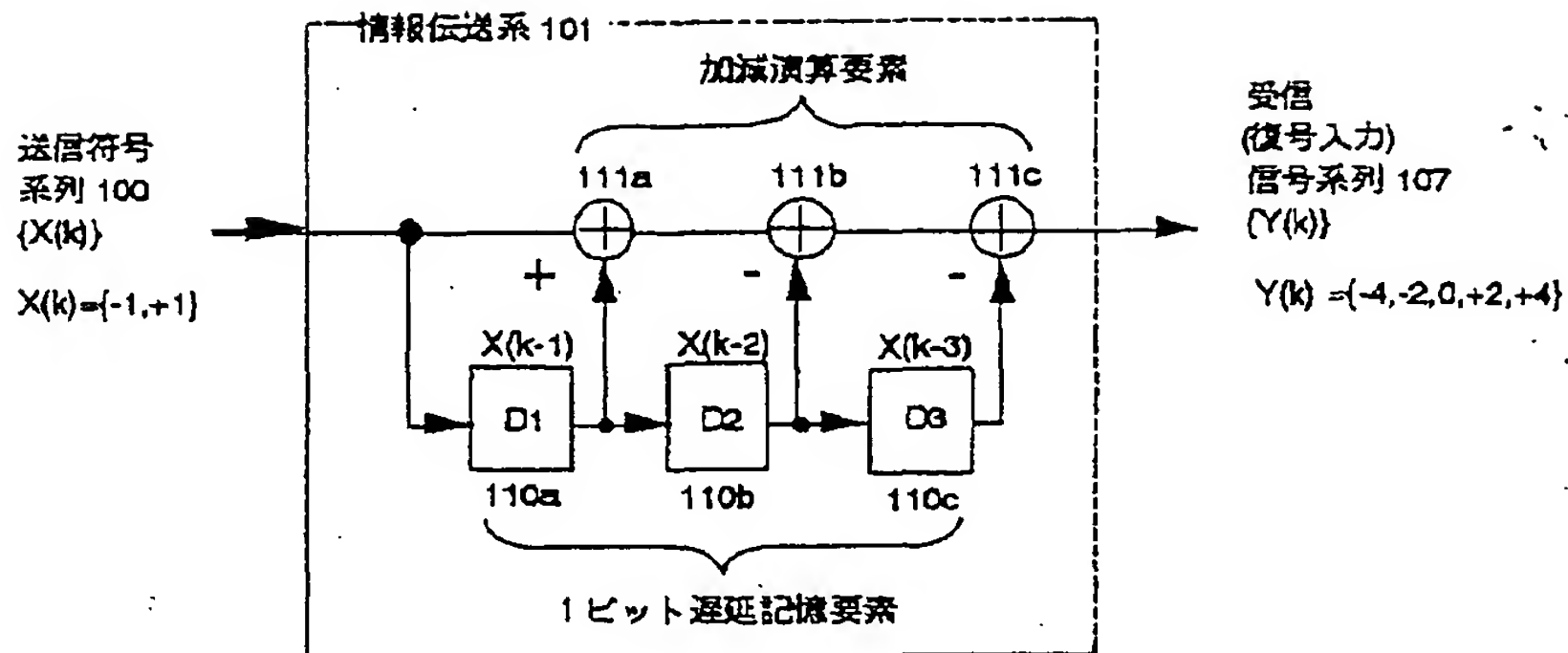


【図 9 b】



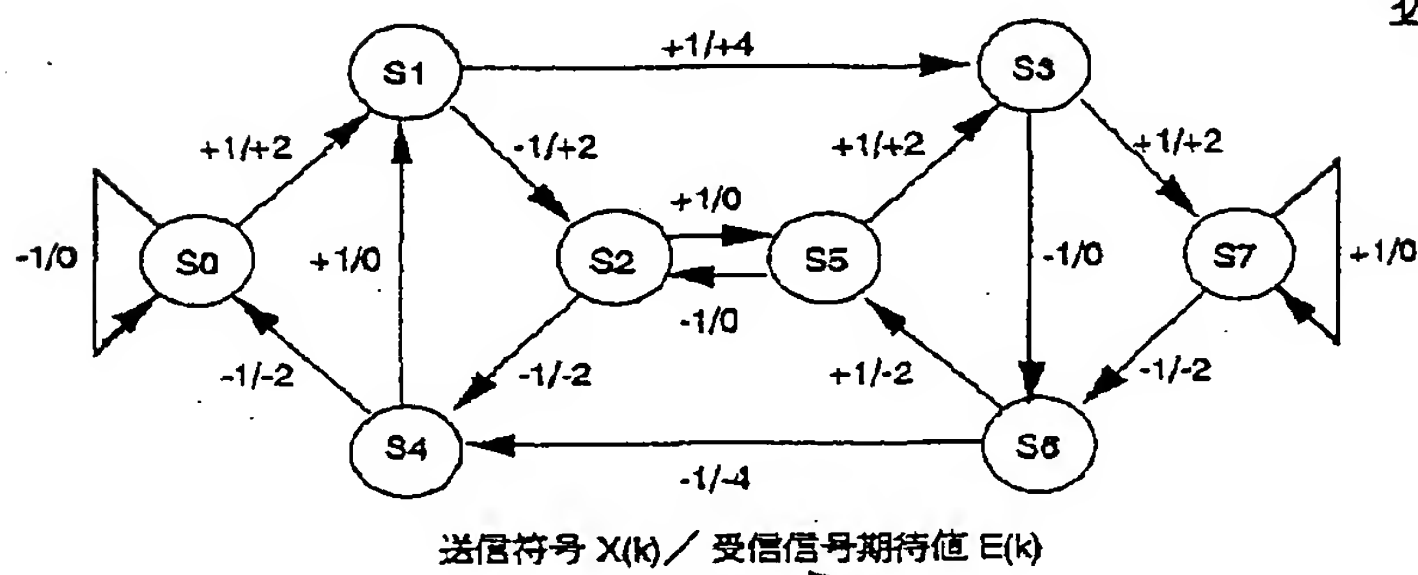
【図10b】

図10(b)



【図10c】

図10(c)

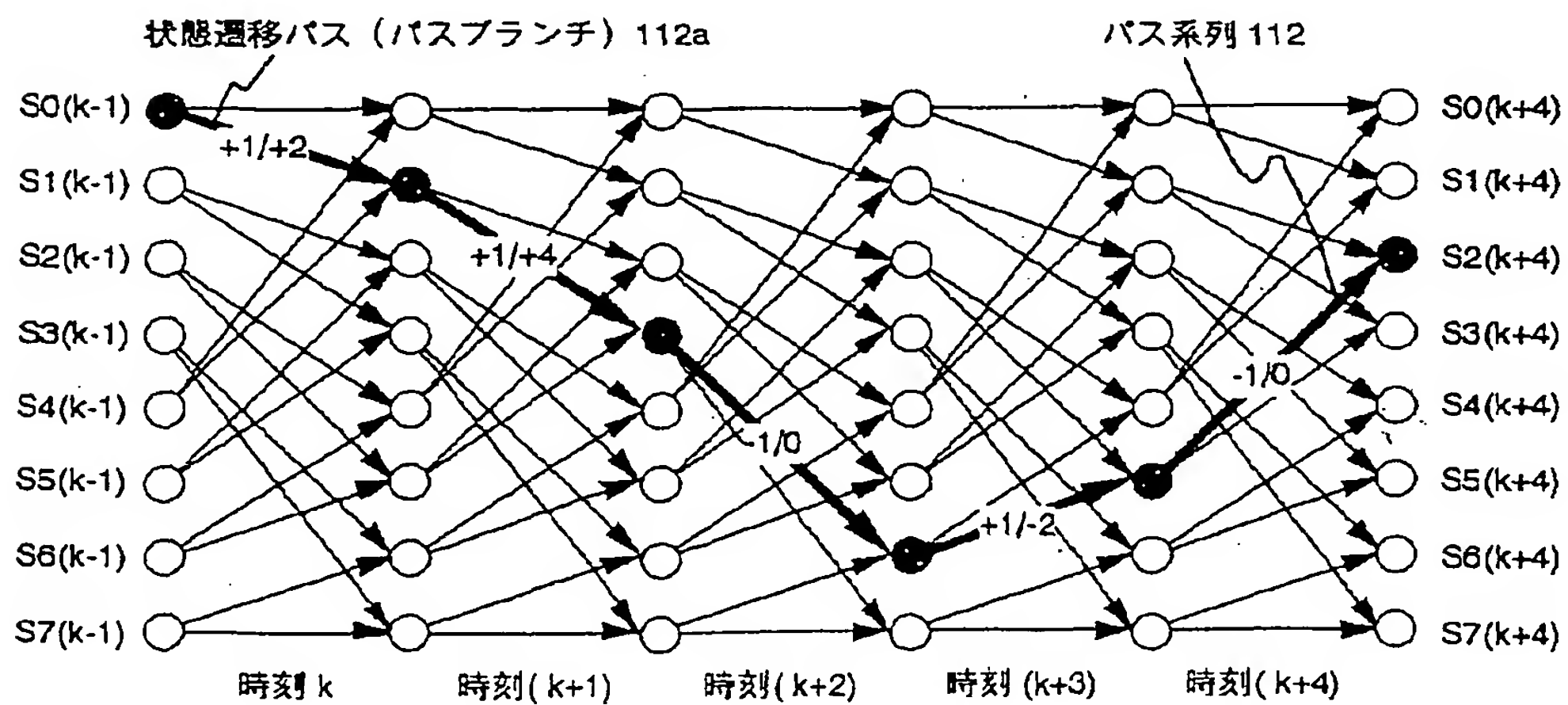


状態と遅延記憶要素内容の対応表

状態	記憶要素内容		
	D1	D2	D3
S0	-1	-1	-1
S1	+1	-1	-1
S2	-1	+1	-1
S3	+1	+1	-1
S4	-1	-1	+1
S5	+1	-1	+1
S6	-1	+1	+1
S7	+1	+1	+1

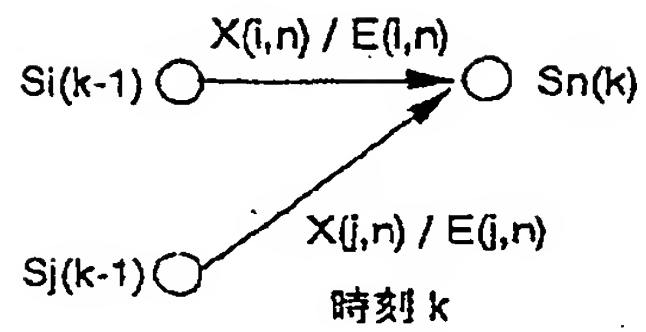
【図10f】

図10(f)



【図 10 e】

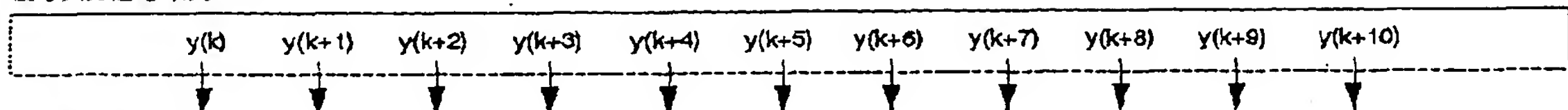
図 10 (e)

送信符号 $X(i,j)$ / 受信信号期待値 $E(i,j)$ 

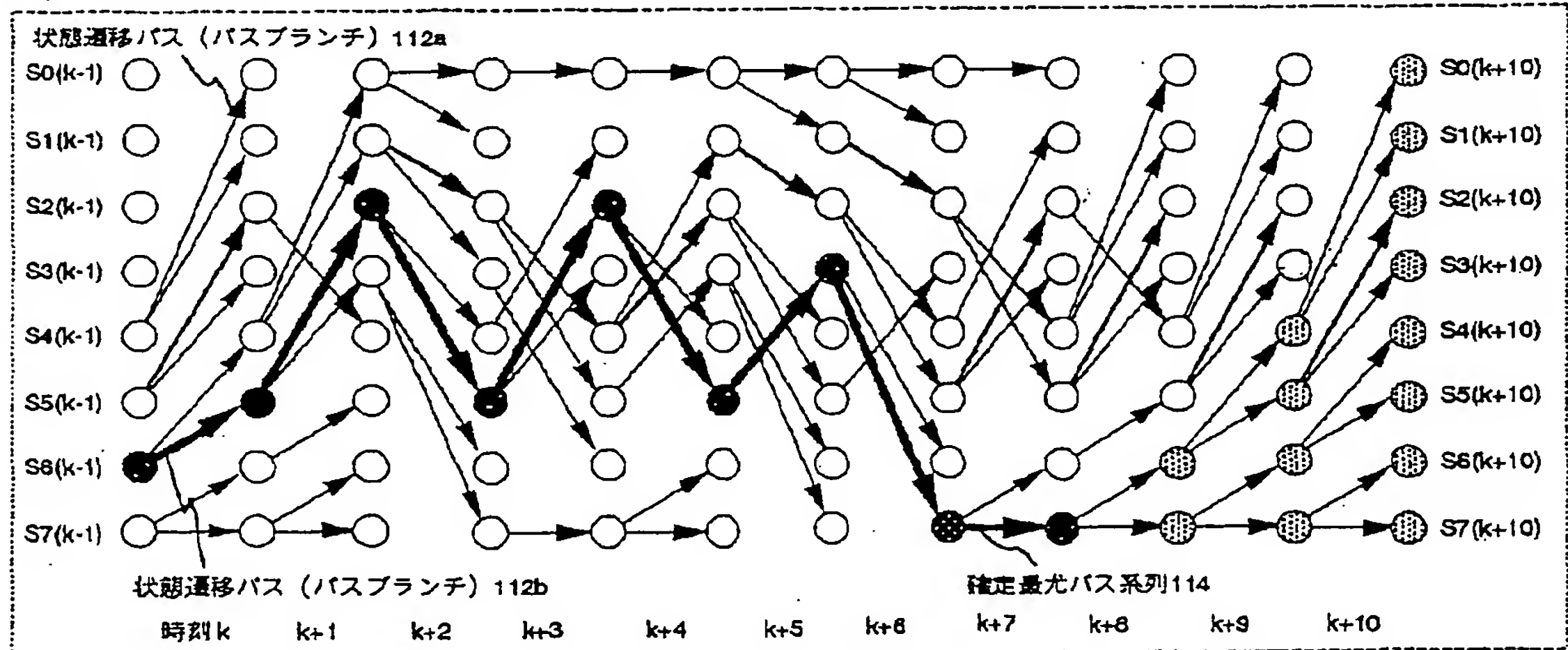
【図 12】

図 12

復号入力信号系列 107

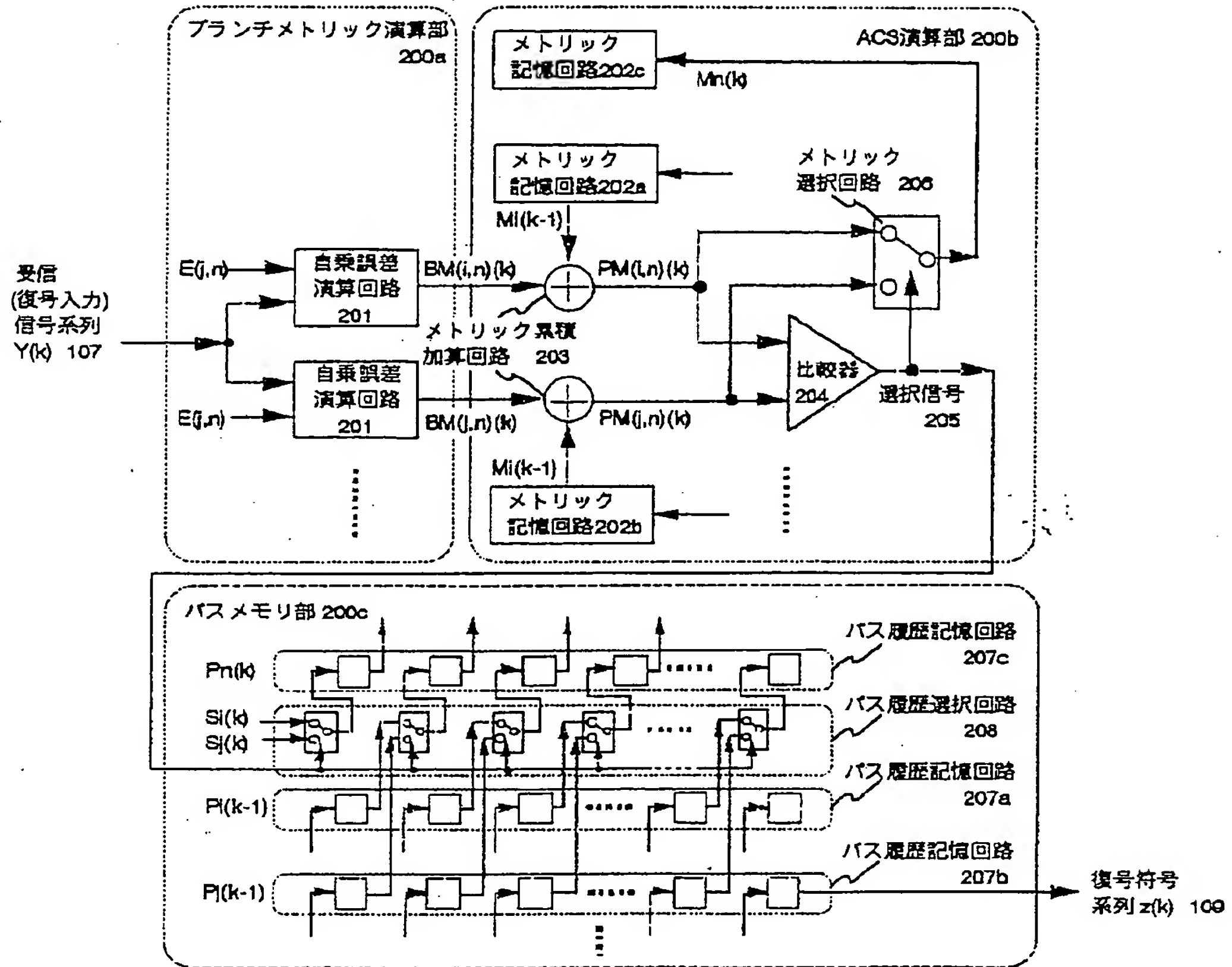


生き残りパス系列 113



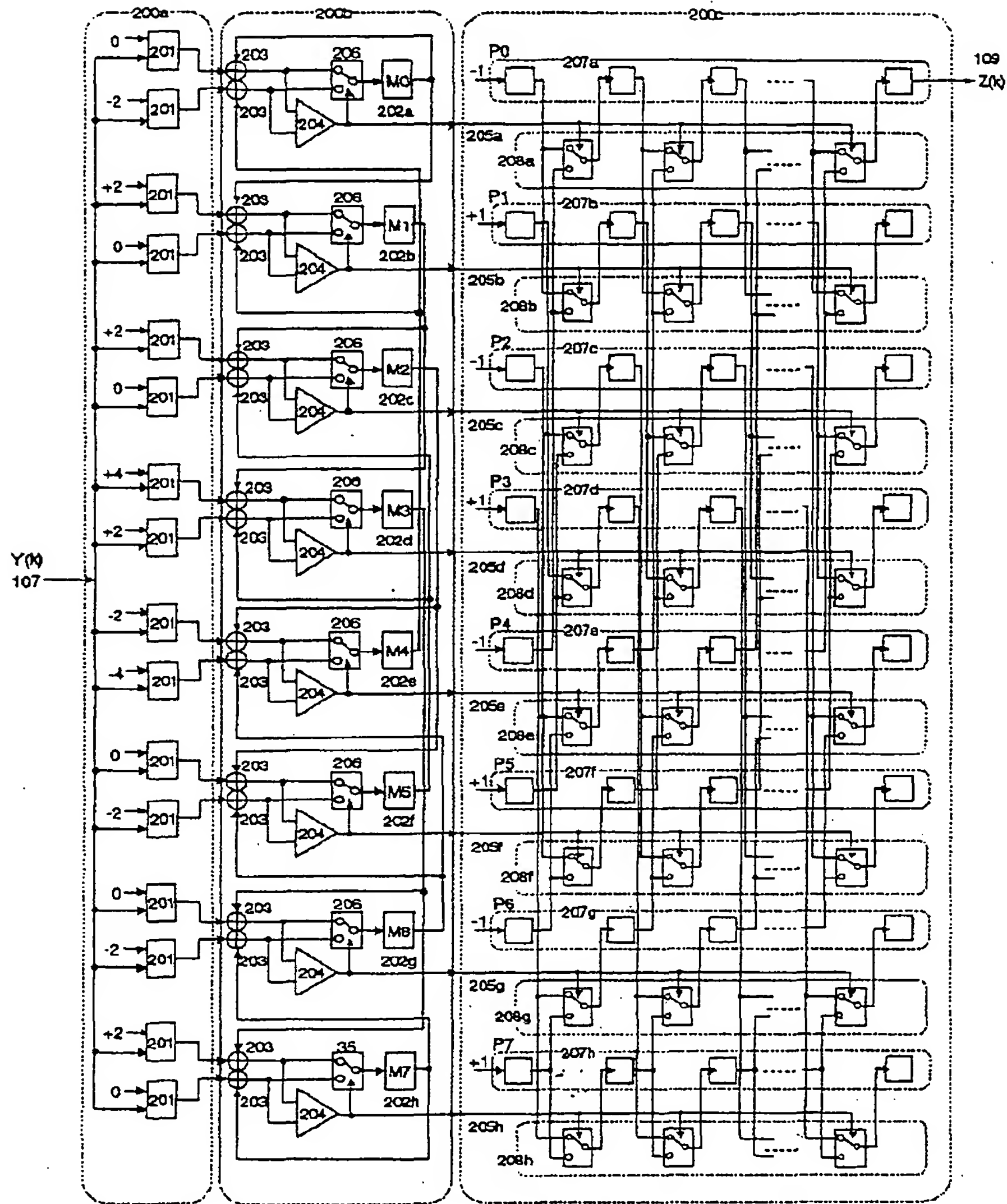
【図11a】

図11(a)



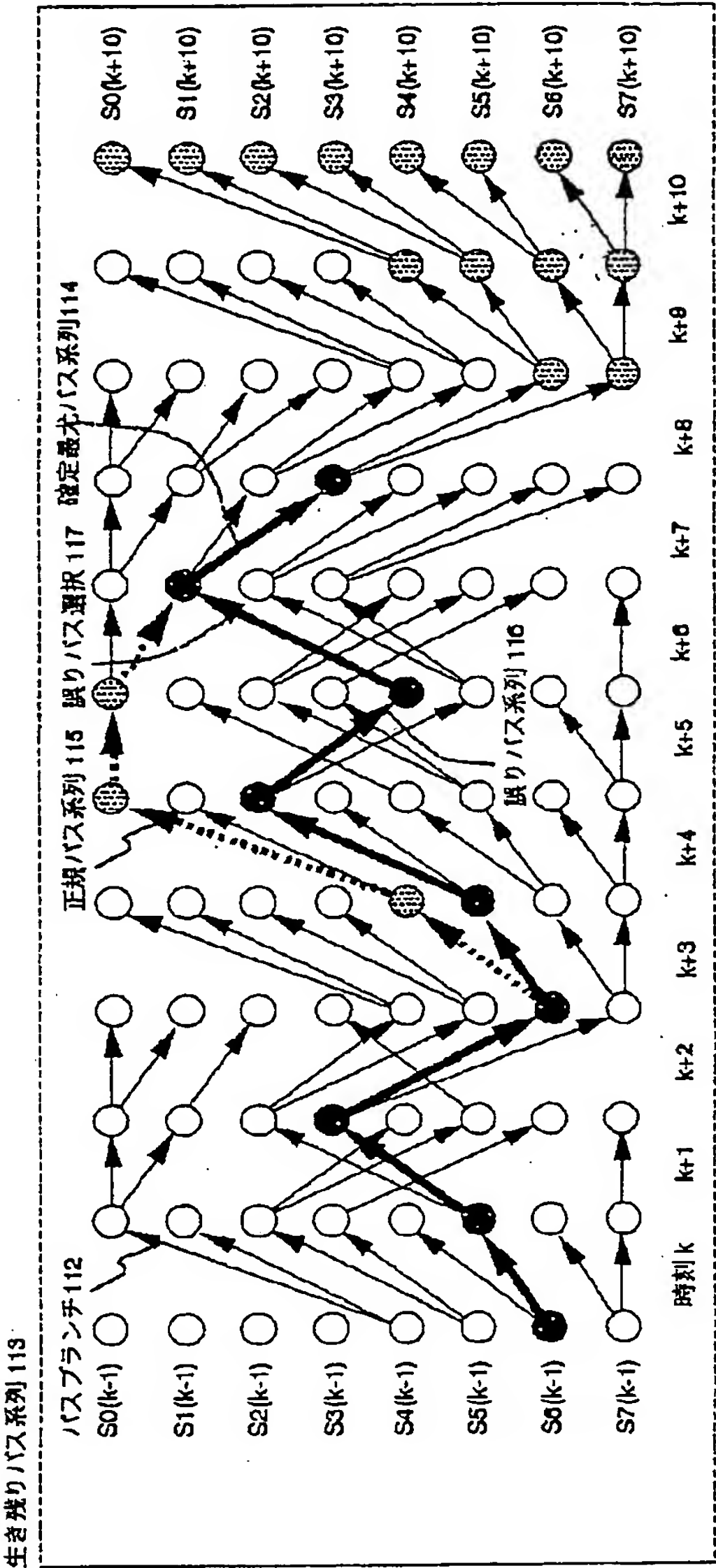
【図11b】

図11(b)



【図13a】

図13(a)



復号入力信号系列 107 時刻 k $k+1$ $k+2$ $k+3$ $k+4$ $k+5$ $k+6$ $k+7$

正規バス系列 115	-2	+2	0	0	0	0	+4
誤りバス系列 116	-2	+2	0	0	0	0	+4

復号符号系列 109

正規バス系列 115	1	1	0	0	0	0	1	1
誤りバス系列 116	1	1	0	0	0	0	1	1

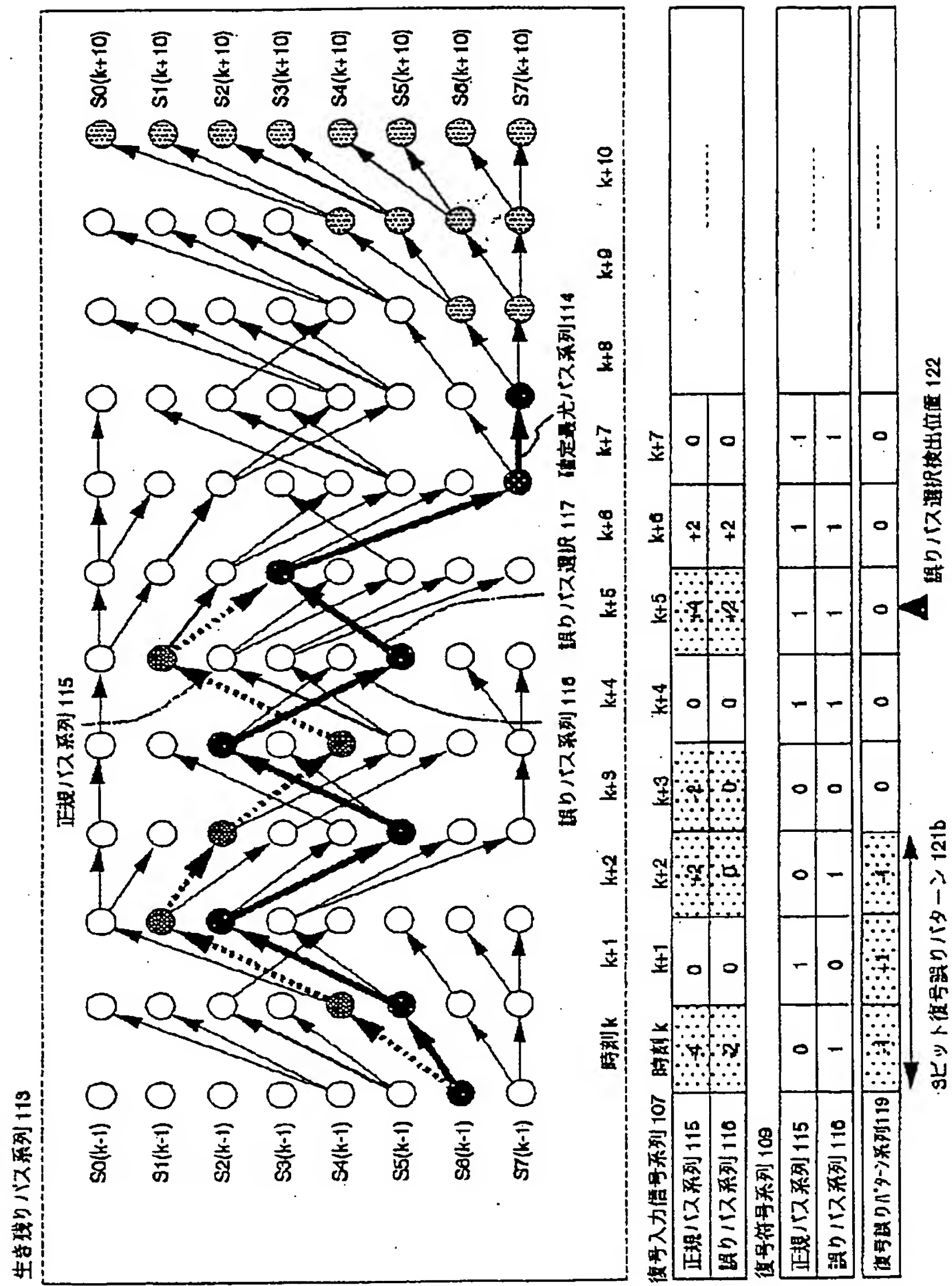
復号誤りパターン系列 110

0	0	0	0	-1	0	0	0	0
---	---	---	---	----	---	---	---	---	-------

1ビット復号誤りパターン 121a 誤りバス選択検出位置 122

【図13b】

図13(b)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6
H03M 13/12

識別記号

F I
H03M 13/12

【公報種別】 特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】 第 6 部門第 4 区分

【発行日】 平成 14 年 4 月 12 日 (2002. 4. 12)

【公開番号】 特開平 11-317030

【公開日】 平成 11 年 11 月 16 日 (1999. 11. 16)

【年通号数】 公開特許公報 11-3171

【出願番号】 特願平 10-125642

【国際特許分類第 7 版】

G11B 20/18 534

512

540

570

20/12 102

H03M 13/23

【F I】

G11B 20/18 534 A

512 E

540 A

570 G

20/12 102

H03M 13/12

【手続補正書】

【提出日】 平成 14 年 1 月 7 日 (2002. 1. 7)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 特許請求の範囲

【補正方法】 変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力される情報符号系列を記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段（記録処理回路）と、入力される再生信号系列を、最尤系列推定回路（最尤シーケンス検出回路、最尤復号回路、ビタビ復号回路）を用いて、該情報符号系列に復号再生し出力する回路手段（再生処理回路）とを有する情報記録再生回路であって、

（23）該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、該最尤系列推定回路により連続して復号処理される所定符号長の該情報符号系列（記録符号系列ブロック）を単位として、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該記録符号系列ブロックに対応した第一の誤り訂正符号系列を構成する第一の誤り訂正符号器回路が設けられ、かつ、第一の誤り訂正符号器回路による第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成は、該最尤系列推定回路により復号された当該の記録符号系列ブロックおよび当該の誤り訂正符号系列内において、予め設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象

を、所定の個数まで発生することを検出訂正（第一の符号誤り検出訂正処理）できるように施されるものであり、

（24）第一の誤り訂正符号系列を、記録信号系列、または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段を備え、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備え、該符号系列処理回路から出力生成される符号系列は、該記録処理回路に供給されて、記録信号系列または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力され、

（25）該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、該記録符号系列ブロックを処理単位として、第一の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、第一の符号誤り検出訂正処理を施す第一の誤り訂正復号器回路が設けられることを特徴とする情報記録再生回路。

【請求項 2】 上記最尤系列推定回路から復号出力される該情報符号系列は、該情報符号系列上の符号順序に論理的变化を加えられることなく、第一の誤り訂正復号器回路に供給され、あるいは、該最尤系列推定回路から復号出力される該情報符号系列は、直接、第一の誤り訂正復号器回路に入力されることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 3】上記記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記（23）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理回路が、第一の誤り訂正符号器回路に前置して設けられ、かつ、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記（25）における第一の誤り符号検出訂正処理が施された後に、該記録符号変調処理に対応する所定の記録符号復調処理による第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理回路が、第一の誤り訂正復号器回路に後置して設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 4】請求項 1 から 3 に記載の情報記録再生回路において、

（26）該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記（23）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該情報記録再生装置の記録・再生処理動作における該情報符号系列の連続処理単位（記録フレーム）、あるいは、複数の該記録符号系列ブロックに相当する符号系列単位を第二の符号誤り検出訂正処理の単位（情報符号フレーム）として、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、各々の該情報符号フレームに対応した第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号器回路が、第一の誤り訂正符号器回路に前置して設けられ、

（27）第二の誤り訂正符号系列を、記録信号系列、または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力する回路手段を備え、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を、上記（23）における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成前に、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の情報符号フレームの直前・直後または内部の所定の符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第二の符号系列処理回路を備え、該符号系列処理回路から出力生成される符号系列は、第一の符号系列処理回路に供給された後に、該記録処理回路に供給されて、記録信号系列または、該記録信号系列を生成するための制御信号系列に変換出力され、

（28）該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記（25）における第一の符号誤り検出訂正処理が施された後、該情報符号フレームを処理単位として、第二の誤り訂正符号化、あるいは、ともに復号される当該の第二の誤り訂正符号系列を用いた第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号器回路が、第一の誤り訂正復号器回路に後置して設けられる、ことを特徴とする情報記録再生回路。

【請求項 5】上記記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列には、上記（26）における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成後、ま

たは、上記（27）における第二の誤り訂正符号系列の挿入・付加後に、第一の符号系列変換処理を施すための符号変調処理回路が、第二の誤り訂正符号器回路、または、第二の符号系列処理回路に後置して設けられ、かつ、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列には、上記（28）における第二の誤り符号検出訂正処理が施される前に、第二の符号系列変換処理を施すための符号復調処理回路が、第二の誤り訂正復号器回路に前置して設けられることを特徴とする請求項 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 6】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 7】上記記録符号系列ブロックは、該記録フレームを分割して得られるものであり、各々の第一の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロックに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録符号系列ブロックの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備え、かつ、第二の誤り訂正符号系列を、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上、当該の記録フレームに対応する所定の符号位置、あるいは、当該の記録フレームの直前・直後あるいは内部の対応する符号位置に、分割または一括して挿入・付加する第一の符号系列処理回路を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 8】上記情報符号フレームは、所定符号長の連続符号系列（情報シンボル）を単位とする情報シンボル系列とみなされ、上記（26）における第二の誤り訂正符号化および第二の誤り訂正符号系列の構成前、および、上記（28）における第二の符号誤り検出訂正処理前には、該情報シンボルを分割処理単位として、該情報符号フレームを n 本の独立情報シンボル系列（ n は自然数）に分割するインターリーブ処理回路が、第二の誤り訂正符号器回路、および、第二の誤り訂正復号器回路に前置して、設けられ、かつ、上記（26）においては、 n 本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、第二の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第二の誤り訂正符号系列を構成する第二の誤り訂正符号器回路が設けられ、かつ、上記（28）においては、 n 本の該独立情報シンボル系列に対し、独立に、該情報シンボルを誤り検出訂正処理単位とする第二の符号誤り検出訂正処理を施す第二の誤り訂正復号器回路が設けられることを特徴とする

請求項 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 9】上記記録符号系列ブロックは、該記録処理回路から連続して変換出力される自然数個の該情報シンボルから構成されることを特徴とする請求項 8 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 10】上記記録符号系列ブロックは、第一の符号系列変換処理または第一の符号系列変換処理における最小処理単位となる符号系列の自然数個から構成されることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 11】上記 (25) の第一の符号誤り検出訂正処理において、符号誤りが検出され、符号誤り訂正が不能と判定される記録符号系列ブロックに属する符号または情報シンボルに対し、誤り訂正フラグ情報を送出するフラグ生成回路と、上記 (28) の第二の符号誤り検出訂正処理において、該フラグ生成回路から出力される該誤り訂正フラグが指示する符号または情報シンボルに対し、消失符号誤り訂正処理を施す誤り訂正復号回路、あるいは、第二の誤り訂正復号回路とを備えることを特徴とする請求項 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 12】上記符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、設定された所定の符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）に対応する所定の情報符号系列パターンの出現を許容して符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正できるよう第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記 (25) における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定の該符号誤りパターン（符号誤りシンδροーム）を有する特定の符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 13】2 値信号レベルを有する記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号を変換出力する該記録処理回路を備え、該記録処理回路および該再生処理回路を通じて、2 進情報符号系列を記録再生する回路であって、

(29) 直流周波数成分のみを有する該記録信号系列に

より 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生処理する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生処理する場合に、各々の場合の該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列が、零値連続信号系列となる信号伝達特性を有する該記録処理回路および該再生処理回路を備え、

(30) 該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路は、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成するものであり、または、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列に対し、上記 (25) における第一の誤り訂正復号器回路は、所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生回路。

【請求項 14】2 値信号レベルを有する記録信号系列または該記録信号系列を生成するための制御信号を変換出力する該記録処理回路を備え、該記録処理回路および該再生処理回路を通じて、2 進情報符号系列を記録再生する回路であって、

(31) 直流周波数成分のみを有する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（同一レベル符号値の非反転連続符号系列）を記録再生処理する場合、および、記録再生動作周波数で連続信号レベル反転する該記録信号系列により 2 進情報符号系列（2 値レベル符号値の連続反転符号系列）を記録再生処理する場合に、各々の場合に該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列が、零値連続信号系列となる信号伝達特性を有する該記録処理回路および該再生処理回路を備え、

(32) 該符号変調処理回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施して、該記録信号系列上の連続信号レベル反転の最大回数を所定回数 k (k は自然数) に制限するように、符号拘束条件を付加するものであり、

(33) 該記録処理回路から変換出力される前の該 2 進情報符号系列に対し上記 (23) における第一の誤り訂正符号器回路は、該最尤系列推定回路から復号出力された該 2 進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内において、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する 2 値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当

する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理が可能となるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、該最尤系列推定回路から復号出力された該2進情報符号系列に対し、上記(14)における第一の誤り訂正復号器回路は、 $(k+1)$ 以下の所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を、所定の個数まで検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項3または4に記載の情報記録再生回路。

【請求項15】上記(29)乃至(31)における第一の誤り訂正符号化および第一の誤り訂正符号系列の構成には、該記録処理回路から変換出力される前の該2進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の情報符号を参照する回路と、参照された該情報符号を用い、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該の記録符号系列ブロック内の情報符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正符号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された情報符号のみに対して、第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列を構成するものであり、または、上記(29)乃至(31)における第一の符号誤り検出訂正処理には、該最尤系列推定回路から復号出力された該2進情報符号系列上、当該の記録符号系列ブロック内の復号符号を参照する回路と、参照された該復号符号を用い、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列と一致する当該の記録符号系列ブロック内の復号符号の符号位置を検査する符号照合回路とが備えられ、かつ、第一の誤り訂正復号器回路は、当該の記録符号系列ブロック内、該符号照合回路からの該符号位置の情報により指示された復号符号のみに対して、第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項13または14に記載の情報記録再生回路。

【請求項16】上記符号変調処理回路は、該記録処理回

路から変換出力される前の該2進情報符号系列に対し、所定の記録符号変調処理による第一の符号系列変換処理を施し、該2進情報符号系列上、所定の情報符号位置のみにおいて、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の出現を許容する符号拘束条件を付加するものであり、かつ、上記(31)における第一の誤り訂正符号器回路は、該記録処理回路から変換出力される前の該2進情報符号系列上の当該記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置の情報符号に対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正できるように第一の誤り訂正符号化を施す、あるいは、第一の誤り訂正符号系列の構成を施すものであり、かつ、上記(31)における第一の誤り訂正復号器回路は、上記の第一の誤り訂正符号化、あるいは、当該の第一の誤り訂正符号系列を用いて、該最尤系列推定回路から復号出力された該2進情報符号系列上の当該の記録符号系列ブロック内、所定の該情報符号位置に対応する復号符号のみに対して、所定連続符号長を有する2値レベル符号値連続反転符号系列の連続符号誤りに相当する符号誤り事象を検出訂正する第一の符号誤り検出訂正処理を施すものであることを特徴とする請求項14に記載の情報記録再生回路。

【請求項17】単一の孤立信号レベル反転のみを有する該記録信号系列により該2進情報符号系列を記録再生するとき、該記録再生系から該最尤系列推定回路に入力される再生信号系列上の応答信号波形が非対称形状となる信号伝達特性の該記録処理回路および該再生処理回路を備えることを特徴とする請求項13に記載の情報記録再生回路。

【請求項18】請求項1から17のいずれか1項に記載の情報記録再生回路を搭載する情報記録再生装置。

【請求項19】請求項1から17のいずれか1項に記載の情報記録再生回路を搭載する集積回路。

【請求項20】請求項19に記載の集積回路を搭載する情報記録再生装置。